

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年5月21日 (21.05.2004)

PCT

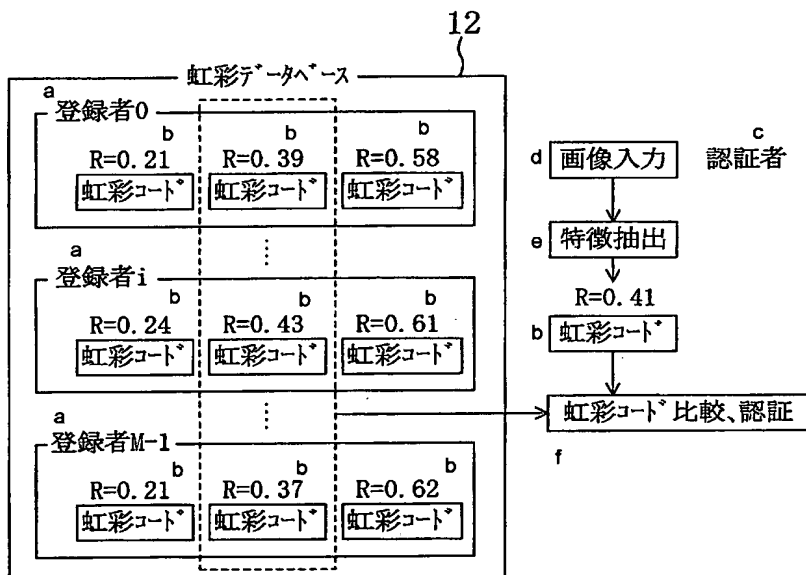
(10) 国際公開番号  
WO 2004/042658 A1

- (51) 国際特許分類: G06T 7/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013805
- (22) 国際出願日: 2003年10月28日 (28.10.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-324229 2002年11月7日 (07.11.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 近藤 堅司 (KONDO, Kenji) [JP/JP]; 〒614-8296 京都府八幡市欽明台東3-1-B1002 Kyoto (JP). 吾妻 健夫 (AZUMA, Takeo) [JP/JP]; 〒631-0841 奈良県奈良市青野町88-B101 Nara (JP). 若森 正浩 (WAKAMORI, Masahiro) [JP/JP]; 〒226-0013 神奈川県横浜市緑区寺山町115-3-510 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 前田 弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒550-0004 大阪府大阪市西区朝本町1丁目4番8号本町中島ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI,

/ 続葉有 /

(54) Title: METHOD FOR CERFICATING INDIVIDUAL, IRIS REGISTERING DEVICE, SYSTEM FOR CERTIFICATING IRIS, AND PROGRAM FOR CERFICATING INDIVIDUAL

(54) 発明の名称: 個人認証方法、虹彩登録装置、虹彩認証装置および個人認証プログラム



12...IRIS DATABASE  
a...REGISTERED PERSON  
b...IRIS CODE  
c...PERSON BEING CERTIFICATED  
d...IMAGE INPUT  
e...FEATURE EXTRACTION  
f...IRIS CODE COMPARISON, CERTIFICATION

(57) Abstract: A plurality of iris codes are registered for each registered person in an iris data base (12) along with the ratio R of diameter between the pupil and the iris. Certification is performed by attaining the iris code through feature extraction from a photographed iris image, determining the ratio R of diameter between the pupil and the iris, comparing the ratio R on the registering side with the ratio R when certification is performed, and specifying an appropriate iris code from the iris database (12) as an object of matching.

(57) 要約: 虹彩データベース (12) に、各登録者について、虹彩コードを複数個、瞳孔径・虹彩径比 R と併せて登録する。そして、認証時には、撮影した虹彩画像から特徴抽出によって虹彩コードを得るとともに、瞳孔径・虹彩径比 R を求め、登録側の比 R と認証時の比 R とを対比することによって、虹彩データベース (12) から適切な虹彩コードを照合対象として特定し、認証を行う。



NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

個人認証方法、虹彩登録装置、虹彩認証装置および個人認証プログラム

### 技術分野

本発明は、虹彩認識を利用した個人認証の技術に関するものであり、特に、例えば太陽光などの外光下や夜間など様々な状況において、虹彩認証の精度を向上させる技術に属する。

### 背景技術

近年、虹彩認識を用いた個人認証の技術が、重要施設への入退室管理、銀行等のＡＴＭ（Automated Teller Machine）、ＰＣログイン用途などに利用され始めている。

特許文献１では、認証時に得られた虹彩画像情報と、記憶された虹彩画像情報とを比較して個人を識別する、という虹彩認識の基本方式が開示されている。この方式では、目を照明することによって瞳孔径を変化させ、その照明強度を制御して瞳孔を所定の径にした後、虹彩画像同士、または、虹彩画像から抽出された特徴量同士を比較する。瞳孔は、周囲の明るさや感情などによってその径が変化するが、瞳孔径が互いに異なると、虹彩画像同士または特徴量同士の比較が困難になる。このため、特許文献１では、照明によって瞳孔径を合わせた上で比較を行っていた。しかしながら、瞳孔径を所定の径に変化させるためにはある程度の時間を要し、このため、認証に時間がかかる、という問題があった。

これに対して、特許文献２，３では、次のようにして上記の問題を解決している。

特許文献２では、虹彩領域を極座標系で表現することによって、瞳孔径の大きさに依らない特徴抽出方法を提案している。すなわち、円で近似した瞳孔／虹彩

境界の中心を極座標の原点とし、半径座標を、瞳孔／虹彩境界と虹彩／強膜境界との間の距離の割合として表現する。これにより、登録時と認証時とで瞳孔径が異なる場合であっても、一定表現の特徴抽出がなされ、その特徴量同士を比較することが可能となる。よって、認証時に瞳孔径を制御する必要がなくなり、特許文献 1 と比べて認証時間を短縮できる。

特許文献 3 では、登録時に、照明強度を変化させて瞳孔径の大きさが異なる複数の虹彩画像を撮影し、複数の虹彩画像から抽出された特徴量を登録しておき、認証時に撮影した虹彩画像から抽出された特徴量と、複数の登録特徴量と比較している。登録時に、瞳孔径の大きさが異なる複数の虹彩画像を撮影しているため、認証時の虹彩画像の瞳孔径が任意の値であっても、ほぼ等しい瞳孔径を持つ登録データと比較を行うことができる。よって、認証時に瞳孔径を制御する必要がなくなり、特許文献 1 と比べて認証時間を短縮できる。

(特許文献 1) 特公平 5 - 8 4 1 6 6 号公報

(特許文献 2) 特表平 8 - 5 0 4 9 7 9 号公報

(特許文献 3) 特開 2 0 0 0 - 1 9 4 8 5 5 号公報

#### 解決課題

さて、上述の特許文献 2 には、「虹彩は光に応答して瞳孔の寸法を調節するために伸長および収縮するが、その精細な組織は伸長および収縮を除けばほとんど変わらない。」と記述されている。極座標表現により、瞳孔径が変化しても虹彩パターンはほとんど変化しないので、本人拒否率を抑えた認証が可能である。しかし厳密には虹彩パターンはわずかに変化し、この変化が認証時のハミング距離のわずかな増加を招く。ハミング距離の増加が、通常は許容できる範囲であっても、瞼・睫による虹彩領域の隠蔽等、その他のハミング距離増加要因と複合した場合、時に本人拒否となる場合がある。

特許文献 3 では、登録時に複数の虹彩画像から抽出された特徴データを登録す

るため、登録データベース容量が増加する。また、認証時には、それら複数の特徴データと比較しなければならないので、認証時の処理時間が増加する。

前記の問題に鑑み、本発明は、虹彩認証を利用した個人認証において、瞳孔径の変動に対しても頑健であり、データベースの増加および認証時の処理時間の増加を抑えた認証を行うことを課題とする。

#### 発明の開示

具体的には、本発明は、虹彩画像を用いた個人認証方法として、登録時において、被登録者について虹彩画像を取得し、取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求め、求めた特徴データおよび瞳孔開度指標を用いて、虹彩データベースに前記被登録者についてのデータ登録を行い、認証時において、被認証者について虹彩画像を取得し、取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求め、前記虹彩データベースに登録者について登録されたデータを参照し、認証時に求めた瞳孔開度指標を用いて照合対象の特徴データを得て、前記照合対象の特徴データと認証時に求めた特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断するものである。

この発明によると、登録時において、虹彩画像から得られた特徴データおよび瞳孔開度を用いたデータ登録が、虹彩データベースになされる。そして認証時において、虹彩データベースに登録されたデータが参照され、認証時に虹彩画像から求められた瞳孔開度指標を用いて、照合対象の特徴データが得られる。このため、認証時の瞳孔がたとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として得られるので、様々な状況下においても、本人拒否率が抑えられた十分に精度の高い個人認証を実行することができる。

そして、前記本発明に係る個人認証方法において、登録時において、特徴データを瞳孔開度指標と併せて前記被登録者と対応づけて前記虹彩データベースに登

録し、認証時において、前記虹彩データベースに登録者に対応付けて登録された特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と認証時に求めた瞳孔開度指標とを対比することによって、照合対象の特徴データを特定するのが好ましい。

これにより、登録時において、虹彩画像から得られた特徴データが瞳孔開度指標と併せて虹彩データベースに登録される。そして認証時において、虹彩データベースに登録された特徴データの中から、瞳孔開度指標同士の対比によって、照合対象の特徴データが特定される。このため、認証時の瞳孔の状態如何にかかわらず、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として特定される。また、瞳孔開度指標を用いることによって、照合対象の特徴データを簡易に検索することができるので、認証を短時間で行うことができる。

また、前記本発明に係る個人認証方法において、登録時において、前記被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ抽出した複数の特徴データおよび瞳孔開度指標から特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、この関係式を表すためのパラメータを前記被登録者に対応づけて前記虹彩データベースに登録し、認証時において、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に認証時に求めた瞳孔開度指標を代入して照合対象の特徴データを得るのが好ましい。

これにより、登録時において、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像から得られた複数の特徴データと、瞳孔開度指標との関係式を表すためのパラメータが、虹彩データベースに登録される。そして認証時において、虹彩データベースに登録されたパラメータによって表された関係式に、認証時に虹彩画像から求められた瞳孔開度指標が代入され、照合対象の特徴データが得られる。このため、認証時の瞳孔の状態如何にかかわらず、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として得られる。また、瞳孔開度指標を関係式に代入するだけで照合対象の特

徴データを簡易に得ることができるので、認証を短時間で行うことができる。

また、前記本発明に係る個人認証方法において、登録時において、前記被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ求めた複数の特徴データから、登録する特徴データを特定するとともに、この登録特徴データから瞳孔開度指標が異なる他の特徴データへの変換を行うための変換規則を求め、前記登録特徴データおよび変換規則を前記被登録者と対応づけて前記虹彩データベースに登録し、認証時において、前記虹彩データベースに登録者に対応付けて登録された特徴データおよび変換規則を基にして、認証時に求めた瞳孔開度指標を用いて、照合対象の特徴データを生成するのが好ましい。

これにより、登録時において、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像から得られた複数の特徴データから、登録特徴データおよび、瞳孔開度指標が異なる他の特徴データへの変換規則が得られ、虹彩データベースに登録される。そして認証時において、虹彩データベースに登録された特徴データおよび変換規則を基にして、認証時に虹彩画像から求められた瞳孔開度指標を用いて、照合対象の特徴データが生成される。このため、認証時の瞳孔の状態如何にかかわらず、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として生成される。

また、本発明は、虹彩画像を用いた個人認証方法として、被認証者について虹彩画像を取得する第1のステップと、前記第1のステップにおいて取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求める第2のステップと、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標を用いて照合対象の特徴データを得る第3のステップと、前記第3のステップにおいて得た照合対象の特徴データと前記第2のステップにおいて求めた特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断する第4のステップとを備えたものである。

また、本発明は、虹彩認証のためのデータ登録を行う装置として、被登録者について虹彩画像を取得する手段と、前記虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求める手段と、前記特徴データおよび瞳孔開度指標を用いて、虹彩データベースに前記被登録者についてのデータ登録を行う手段とを備えたものである。

また、本発明は、虹彩画像を用いて個人認証を行うための装置として、被認証者について虹彩画像を取得する手段と、前記虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求める手段と、前記瞳孔開度指標を用いて、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者と対応付けて登録されたデータを参照し、照合対象の特徴データを取得する手段と、前記照合対象の特徴データと前記特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断する手段とを備えたものである。

また、本発明は、虹彩画像を用いた個人認証をコンピュータに実行させるプログラムとして、被認証者について取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求めるステップと、前記瞳孔開度指標を用いて、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、照合対象の特徴データを取得するステップと、前記照合対象の特徴データと前記特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断するステップとをコンピュータに実行させるものである。

以上のように本発明によると、認証時の瞳孔がたとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、その瞳孔の開き具合に応じた特徴データが照合対象として得られるので、様々な状況下においても、十分に精度の高い個人認証を実行することができる。さらに、瞳孔開度指標を用いることによって、照合対象の特徴データを簡易に検索または取得できるので、認証を短時間で行うことができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明の第1の実施形態に係る個人認証方法を概念的に示す図である。



図 2 は本発明の各実施形態における虹彩認証システムの全体構成を示す図である。

図 3 は本発明の第 1 の実施形態における虹彩登録装置および虹彩撮影装置の構成を示すブロック図である。

図 4 は本発明の第 1 の実施形態における虹彩認証装置の構成を示す図である。

図 5 は虹彩認証装置の一例としての認証機能付携帯電話の外観を示す図である。

図 6 は本発明の第 1 の実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。

図 7 は虹彩画像の撮影時における照明制御と瞳孔開度の変化、および撮影タイミングを示すグラフである。

図 8 (a) は虹彩領域を表す図、図 8 (b) は虹彩領域を  $x$   $y$  座標系で表現した図、図 8 (c) は虹彩領域を極座標系で表現した図である。

図 9 は解析帯域を表す図である。

図 10 は虹彩コードの作成を示す図である。

図 11 は虹彩コード同士のハミング距離のマトリクスである。

図 12 は虹彩コード同士のハミング距離をプロットしたグラフである。

図 13 は本発明の第 1 の実施形態における虹彩データベースのデータ内容の一例である。

図 14 は本発明の第 1 の実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。

図 15 は本発明の第 2 の実施形態における虹彩登録装置の構成を示すブロック図である。

図 16 は本発明の第 2 の実施形態における虹彩認証装置の構成を示すブロック図である。

図 17 は本発明の第 2 の実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。

図 18 は図 17 のフローにおけるステップ S A 6 の処理の詳細を示すフローチャートである。

図 19 は図 17 のフローにおけるステップ S A 6 の処理を概念的に説明するための図である。

図 20 は本発明の第 2 の実施形態における虹彩データベース 12 のデータ内容の一例である。

図 21 は本発明の第 2 の実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。

図 2 2 は本発明の第 1 の実施形態の変形例における登録時の処理を示すフローチャートである。

図 2 3 は本発明の第 1 の実施形態の変形例における認証時の処理を概念的に示す図である。

図 2 4 は本発明の第 1 の実施形態の変形例における認証時の処理を示すフローチャートである。

図 2 5 は本発明の第 1 の実施形態の変形例における認証時の処理を概念的に示す図である。

図 2 6 は本発明の第 3 の実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。

図 2 7 は本発明の第 3 の実施形態における変換規則の算出方法の一例を概念的に示す図である。

図 2 8 は虹彩データベースに格納された変換規則の一例である。

図 2 9 は本発明の第 3 の実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の第 1 態様では、虹彩画像を用いた個人認証方法として、登録時において、被登録者について虹彩画像を取得し、取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求め、求めた特徴データおよび瞳孔開度指標を用いて、虹彩データベースに前記被登録者についてのデータ登録を行い、認証時において、被認証者について虹彩画像を取得し、取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求め、前記虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、認証時に求めた瞳孔開度指標を用いて照合対象の特徴データを得て、前記照合対象の特徴データと認証時に求めた特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断するものを提供する。

本発明の第 2 態様では、登録時において、特徴データを瞳孔開度指標と併せて前記被登録者と対応づけて前記虹彩データベースに登録し、認証時において、前

記虹彩データベースに登録者と対応付けて登録されている特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と認証時に求めた瞳孔開度指標とを対比することによって、前記照合対象の特徴データを特定する第1態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第3態様では、登録時において、前記被登録者について、縮瞳状態、通常状態および散瞳状態における虹彩画像からそれぞれ得られた3個の特徴データを、少なくとも登録する第2態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第4態様では、登録時において、前記被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ特徴データを求め、求めた複数の特徴データ同士を照合することによって、前記複数の特徴データから前記虹彩データベースに登録する特徴データを選択する第2態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第5態様では、認証時において、求めた瞳孔開度指標と所定程度近い瞳孔開度指標を有する特徴データが前記登録者について登録されていないとき、認証処理を中止する第2態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第6態様では、認証処理を中止したとき、認証時に求めた瞳孔開度指標と登録されている特徴データに係る瞳孔開度指標とを基にして、虹彩画像の好ましい撮影条件を推定し、前記被認証者に推定した撮影条件における虹彩画像の再取得を促す第5態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第7態様では、登録時において、前記被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ求めた複数の特徴データおよび瞳孔開度指標から特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、この関係式を表すためのパラメータを前記被登録者と対応づけて前記虹彩データベースに登録し、認証時において、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に認証時に求めた瞳孔開度指標を代入して前記照合対象の特徴データを得る第1態様の個人認証方

法を提供する。

本発明の第 8 態様では、登録時において、前記パラメータを間引いて登録し、認証時において、間引かれたパラメータを補間によって復元する第 7 態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第 9 態様では、登録時において、前記被登録者について瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ求めた複数の特徴データから、登録する特徴データを特定するとともに、この登録特徴データから瞳孔開度指標が異なる他の特徴データへの変換を行うための変換規則を求め、前記登録特徴データおよび変換規則を前記被登録者と対応づけて前記虹彩データベースに登録し、認証時において、前記虹彩データベースに登録者と対応付けて登録された特徴データおよび変換規則を基にして、認証時に求めた瞳孔開度指標を用いて前記照合対象の特徴データを生成する第 1 態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第 10 態様では、前記瞳孔開度指標は、虹彩画像における瞳孔径と虹彩径との比である第 1 態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第 11 態様では、虹彩画像を用いた個人認証方法として、被認証者について虹彩画像を取得する第 1 のステップと、前記第 1 のステップにおいて取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求める第 2 のステップと、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、前記第 2 のステップにおいて求めた瞳孔開度指標を用いて照合対象の特徴データを得る第 3 のステップと、前記第 3 のステップにおいて得た照合対象の特徴データと前記第 2 のステップにおいて求めた特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断する第 4 のステップとを備えたものを提供する。

本発明の第 12 態様では、前記虹彩データベースは、各登録者について虹彩画像の特徴データが少なくとも 1 つ瞳孔開度指標と併せて登録されたものであり、前記第 3 のステッ

ブにおいて、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録された少なくとも1つの特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標とを対比することによって、前記照合対象の特徴データを特定する第11態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第13態様では、前記虹彩データベースは、各登録者について、虹彩画像の特徴データと瞳孔開度指標との関係式を表すパラメータが登録されたものであり、前記第3のステップにおいて、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標を代入することによって前記照合対象の特徴データを得る第11態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第14態様では、前記虹彩データベースは、各登録者について、虹彩画像の特徴データと、この特徴データから瞳孔開度指標が異なる他の特徴データへの変換を行うための変換規則とが登録されたものであり、前記第3のステップにおいて、前記虹彩データベースに登録者に対応付けて登録された特徴データおよび変換規則を基にして、前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標を用いて前記照合対象の特徴データを生成する第11態様の個人認証方法を提供する。

本発明の第15態様では、虹彩認証のためのデータ登録を行う装置として、被登録者について虹彩画像を取得する手段と、前記虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求める手段と、前記特徴データおよび瞳孔開度指標を用いて、虹彩データベースに前記被登録者についてのデータ登録を行う手段とを備えたものを提供する。

本発明の第16態様では、虹彩画像を用いて個人認証を行うための装置として、被認証者について虹彩画像を取得する手段と、前記虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求める手段と、前記瞳孔開度指標を用いて、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者に対応付けて登録されたデータを参照し、照合対象の特徴データを得る手段と、前記照合対象の特徴データと前記特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを判断する手段とを備えたものである。

本発明の第17態様では、虹彩画像を用いた個人認証をコンピュータに実行させるプログラムとして、被認証者について取得した虹彩画像から特徴データと瞳孔開度指標とを求めるステップと、前記瞳孔開度指標を用いて、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、照合対象の特徴データを得るステップと、前記照合対象の特徴データと、前記特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断するステップとをコンピュータに実行させるものを提供する。

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

#### (第1の実施形態)

図1は本発明の第1実施形態に係る個人認証方法を概念的に示す図である。図1に示すように、本実施形態では、虹彩データベース12に、各登録者について、虹彩コードを複数個、瞳孔径と虹彩径との比 $R$ （以下、「瞳孔径・虹彩径比」と記す。）と併せて登録する。そして、認証時には、撮影した虹彩画像から特徴抽出によって虹彩コードを得るとともに、瞳孔径・虹彩径比 $R$ を求める。そして、登録側の比 $R$ と、認証時の比 $R$ とを対比することによって、適切な虹彩コードを照合対象として選択し、認証を行う。

図2は本実施形態における認証システムの全体構成を示す図である。図2において、虹彩認証サーバ11は複数登録者の虹彩画像の特徴データを格納する虹彩データベース12を持っており、インターネット、専用線、公衆回線などのネットワーク網13に接続されている。また、虹彩登録装置14と虹彩認証装置15も同様にネットワーク網13に接続されている。虹彩登録装置14は、登録時に生成した虹彩コードを虹彩データベース12に向けて送信する。虹彩認証装置15は、認証時に生成した虹彩コードと、虹彩データベース12から取得した登録時の虹彩コードとを比較することによって個人認証を行う。

なお、虹彩認証サーバ11は、利用する地域毎や機関毎に複数設置されていたり、負荷を分散するためのミラーサーバを含めて複数台あってもよい。また、虹彩データベース1

2は、ネットワーク網を介して虹彩認証サーバ11に接続されていてもよい。

図3は図2の認証システムにおける虹彩登録装置および虹彩撮影装置の構成を示すブロック図である。図3に示すように、虹彩撮影装置16は、被登録者の顔周囲に対して可視光照明を行う照明31、被登録者について複数の虹彩画像を連続して撮影可能な撮影部32、および照明31の発光強度を制御する照明制御部33を備えている。

また虹彩登録装置14は、虹彩画像を取得する虹彩画像取得部34、取得された虹彩画像から特徴データ（虹彩コード）を抽出する特徴抽出部35、取得された虹彩画像において、瞳孔開度指標としての瞳孔径・虹彩径比を計算する比計算部36、および、特徴データと瞳孔径・虹彩径比とを対応づけて、ネットワーク網13へ送信する特徴送信部37を備えている。ここでは虹彩画像取得部34は、虹彩撮影装置16から送られた瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得する。また、特徴送信部37からネットワーク網13へ送信された特徴データは、虹彩データベース12に登録される。

なお、虹彩登録装置14が虹彩認証サーバと一体化して構成されている場合には、特徴送信部37の代わりに、特徴データと瞳孔径・虹彩径比とを対応づけて虹彩データベースに登録する特徴記憶部を設ければよい。また、虹彩登録装置14と虹彩撮影装置16とは、一体に構成してもよいし、別個に構成してもかまわない。さらには、虹彩登録装置14では虹彩画像の撮影だけを行い、撮影した虹彩画像を虹彩認証サーバ11に送信するようにし、虹彩コードの生成は虹彩認証サーバ11側で行うようにしてもよい。また、虹彩登録装置14の全機能を個人認証サーバ11に内蔵してもよい。

図4は図2の認証システムにおける虹彩認証装置の構成を示す図である。図4に示すように、虹彩認証装置15は、認証を行う被認証者の虹彩画像を取得する虹彩画像取得部41、取得した虹彩画像から特徴データを抽出する特徴抽出部42、取得した虹彩画像における瞳孔径・虹彩径比を計算する比計算部43、ネットワーク網13を介して虹彩データベース12を参照し、瞳孔径・虹彩径比を対比することによって、照合対象の特徴データを選択取得する特徴量取得部44、および照合対象の特徴データと取得された特徴データとを比較することによって、認証を行う認証部45を備えている。

なお、虹彩認証装置 1 5 では、認証用虹彩画像の撮影だけを行い、撮影した虹彩画像を虹彩認証サーバ 1 1 に送信し、虹彩コードの生成を虹彩認証サーバ 1 1 で行うようにしてもよい。また、登録虹彩コードとの比較も虹彩サーバ 1 1 において行い、認証結果のみを虹彩認証装置 1 5 が受け取るような形態であってもかまわない。また、虹彩認証装置 1 5 が、図 2 における虹彩認証サーバ 1 1、虹彩データベース 1 2、虹彩登録装置 1 4 および虹彩撮影装置 1 6 の機能を全て有し、登録、虹彩データの保持、認証を 1 台の装置によって行うようにしてもかまわない。

図 5 は本実施形態における虹彩認証装置 1 5 の一例としての認証機能付携帯電話の外観を示す図である。図 5 の認証機能付携帯電話 2 0 は、携帯電話に、虹彩画像撮影用のカメラ 2 1 と虹彩撮影用の照明 2 2 とが付加されたものである。カメラ 2 1 および照明 2 2 以外には、モニタ 2 3、操作ボタン 2 4、スピーカ 2 5、マイク 2 6 およびアンテナ 2 7 等を備えている。照明 2 2 は 1 個または数個の近赤外 LED によって構成されている。カメラ 2 1 には可視光カットフィルタがセットされており、近赤外成分のみを受光する。モニタ 2 3 には、撮影中の虹彩画像や認証結果が表示される。

本実施形態では、被認証者は、図 5 のような認証機能付携帯電話を用いて、屋外／屋内を問わず、また、昼／夜を問わず、様々な環境下で虹彩認証を行うものとする。

図 6 は本実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。図 6 のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における登録時の処理について説明する。

まず、被登録者は、虹彩撮影装置 1 6 によって、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影する (S A 1)。虹彩撮影装置 1 6 では、撮影部 3 2 は複数の虹彩画像を連続して撮影することができ、また照明 3 1 の発光強度を照明制御部 3 3 によって制御することができる。ここでは、照明制御部 3 3 は、撮影部 3 2 が被登録者について複数の虹彩画像を連続して撮影する過程において、撮影開始時に点灯させていた照明 3 1 を、所定のタイミングで消灯するものとする。

図 7 は虹彩画像の撮影時における照明制御と瞳孔開度の変化、および撮影タイミングを示すグラフである。図 7 に示すように、本実施形態では、一様な発光強度の



照明 3 1 を時刻  $t$  で消灯するものとする。時刻  $t$  の前、すなわち、照明 3 1 が一様に点灯しているときは、瞳孔開度はほぼ一定である。ただし、人間の瞳孔は、一定の明るさの下でもわずかながら絶えず収縮と散大を繰り返しているため、図 7 (b) でも、瞳孔開度はわずかに振動している。

そして時刻  $t$  において、照明制御部によって照明 3 1 が消灯されると、瞳孔は明るさに順応するまで散大し、順応後はまたわずかな収縮と散大を繰り返す。その過程において、撮影部 3 2 が図 7 (b) に示す撮影タイミングで複数枚（ここでは 10 枚）の虹彩画像を連続して撮影する。撮影タイミングとしては、消灯する時刻  $t$  の直前から瞳孔が完全に散大するまでの間の数秒～十数秒後までが望ましい。

このように、可視光照明強度を変化させることによって、様々な瞳孔開度の虹彩画像を複数枚撮影することができる。またここでは、撮影開始時に点灯させていた照明 3 1 を消灯させるだけですむので、複雑な照明制御は特に必要としない。また、明から暗へという照度変化にすることによって、被登録者の眩しさによる苦痛を和らげることができる。逆にいうと、照明を暗から明へ変化させる制御の場合には、被登録者にとって眩しいものになり、どちらかといえば好ましくない。

すなわち、個人認証のための虹彩画像を撮影する装置として、被登録者の顔周囲に対し可視光照明を行う照明と、前記照明の発光強度を制御する照明制御部と、前記被登録者の虹彩画像を撮影する撮影部とを備え、前記照明制御部は、前記撮影部が前記被登録者について複数の虹彩画像を連続して撮影する過程において、撮影開始時に点灯させていた照明を所定のタイミングで消灯するものが好ましい。

これにより、虹彩画像の撮影過程において、照明を点灯状態から消灯状態にするだけなので、複雑な照明制御を必要とせず、きわめて簡易に、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影することができる。また、明から暗という照度変化なので、被登録者に眩しさによる過大な苦痛を与えることがない。

もちろん、照明を消灯する代わりに、例えば、窓のある室内で虹彩画像の撮影を行い、ある時刻でカーテンを閉めるなどによって外光を遮断することによって、周囲の明るさを

変化させてもよい。また、照明を単にオン・オフするのではなく、明るさを多段階で変化させてもよい。

なお、この虹彩撮影装置は、外光が入らない室内に設置することが望ましい。そのような場所では、照明強度を強めにした場合、極端な縮瞳状態の虹彩画像が撮影できるとともに、消灯後は外光が入らないために極端な散瞳状態の虹彩画像が撮影できる。さらに、縮瞳と散瞳の間の虹彩画像が、多段階で撮影することができる。

次に、ステップ S A 1 で撮影した複数の虹彩画像から、特徴データをそれぞれ抽出する (S A 2)。虹彩登録装置 1 4 において、虹彩画像取得部 3 4 が虹彩撮影装置 1 6 によって撮影された虹彩画像を取得し、特徴抽出部 3 5 が取得された複数の虹彩画像から特徴データを抽出する。ここでは、特許文献 2 (特表平 8-504979 号公報) に記載された手法を用いるものとする。特許文献 2 の虹彩認証の手法の概略は、以下のとおりである。

- (1) 虹彩外縁 (虹彩と強膜との間の境界) および瞳孔外縁 (瞳孔と虹彩との間の境界) を決定することによって、虹彩領域を切り出す
- (2) 切り出された虹彩領域を  $x y$  直交座標系から  $r \theta$  極座標系へと変換する
- (3) 解析帯域を決定する (半径方向をリング状に 8 分割)
- (4) マルチスケールの 2-d G a b o r フィルタを適用し、G a b o r フィルタ出力後の信号を二値化したものを虹彩コードとする
- (5) 予め登録されていた登録虹彩コードと、認証時の虹彩コードとを比較 (排他的 O R) し、2 つのコード間のハミング距離を計算する
- (6) ハミング距離が閾値よりも小さい場合は、本人として受け入れ、そうでなければ他人として棄却する

図 8 (a) は (1) の虹彩外縁および瞳孔外縁の位置を表す図、図 8 (b) は虹彩外縁と瞳孔外縁に囲まれる領域を虹彩領域として切り出し、 $x y$  座標系で表現した図である。この時点で、虹彩領域の平行移動の影響は吸収される。また図 8 (c) は虹彩領域を、瞳孔中心を中心として  $r \theta$  極座標系で表現した図である ((2) の変換)。実際の瞳孔外縁

と虹彩外縁は正確には真円ではない。両者を敢えて円で近似した場合、瞳孔の中心と虹彩の中心は同心ではない（偏心している）が、 $r$  方向の値を瞳孔外縁で 0、虹彩外縁で 1 に設定することにより、偏心、瞳孔の開き具合の差、および拡大縮小の影響を吸収することができる。

図 9 は（3）で決定された 8 リング状の解析帯域を表す図、図 10 は（4）の虹彩コード作成を示す図であり、図 9 の解析帯域を決定した後の輝度信号（a）に、G a b o r フィルタを適用して（b）二値化を行う（c）様子を示している。実際は 2 次元信号であるが、ここでは説明の簡略化のために 1 次元で示した。（a）は 8 リングのうちの 1 リングにおける角度方向輝度信号である。実際はマルチスケールの G a b o r フィルタを適用し、単一のスケールの G a b o r フィルタにも実部、虚部が存在するが、（b）（c）は、ある 1 つのスケールの G a b o r フィルタ実部を適用した結果である。G a b o r フィルタ出力の正負により二値化を行った後の虹彩コード（c）における各ビットの位置は、虹彩画像上のある位置に対応づけることができる。

このように、複数の虹彩画像について、処理（1）～（6）を行うことにより、虹彩について、平行移動、拡大縮小、瞳孔の開き具合の差異、瞳孔の偏心の影響を吸収した虹彩コードが特徴データとして作成される。

次に、取得した複数の虹彩画像から、瞳孔径・虹彩径比をそれぞれ計算する（S A 3）。この処理は、虹彩登録装置 14 の比計算部 36 によって行われる。ここでは、瞳孔外縁を半径  $r_p$  の円で、虹彩外縁を半径  $r_i$  の円でフィッティングを行い、瞳孔径・虹彩径比  $R$  を、

$$R = r_p / r_i$$

と定義する。そして、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像から抽出された虹彩コードが、それぞれ、瞳孔径・虹彩径比  $R$  と、対応づけられる。

本実施形態では、瞳孔開度を表現するための「瞳孔開度指標」として、瞳孔径・虹彩径比を用いている。その理由は次のとおりである。瞳孔の開き具合を表現するパラメータとしては、例えば「瞳孔径」そのものを利用することも可能である。ただし、この場合に

は、虹彩が常に一定の大きさ（画素数）で撮影できる、という条件を満たすことが必要になる。ところが、携帯電話やPDAのような携帯機器に虹彩認証機能を付加する場合、撮影する本人が、カメラが設けられた携帯機器を手で持って撮影を行うため、撮影時のカメラと目位置との距離が一定に保たれる保証はなく、変動し易い。このため、虹彩画像上で虹彩領域の大きさ自体が変化するので、瞳孔径のみでは瞳孔開度を正確に表現することができない。これに対して、本実施形態のように瞳孔径・虹彩径比を瞳孔開度指標として用いた場合には、たとえ虹彩領域の大きさが画像上で一定しないとしても、瞳孔開度を正確に表現することができる。

また、他の瞳孔開度指標としては、撮影時の周囲の明るさを使用してもよい。周囲の明るさとして、例えば、照度（単位：lx）が利用できる。人間の瞳孔は周囲の明るさに応じて収縮または散大するため、照度の値によって、およそその瞳孔開度を表現できる。照度を計測するためのセンサ位置は、被撮影者の目位置付近にすることが望ましいが、設置が困難な場合は撮影機器に内蔵する等、その他の位置でもよい。

次に、最終的に保存する特徴データを選択する（SA4）。本実施形態では、図7に示したように、ある登録者に対して10枚の虹彩画像を撮影している。この10枚の虹彩画像についてそれぞれ求めた虹彩コードを全て虹彩データベース12に登録してもよいが、ここでは、虹彩データベース12に格納するデータ量をできるだけ少なくするために、必要最小限の虹彩コードを選択するものとする。

虹彩コードの選択は、具体的には次のような処理によって行う。まず、瞳孔径・虹彩径比 $R$ が昇順（または降順）となるように虹彩コードを並び替え、虹彩コードに番号をつける。次に、特徴データ同士の照合として、異なる虹彩コード間のハミング距離を計算する。ここでの計算手法は、後述する認証時の処理におけるハミング距離の計算と同様である。

本実施形態では、虹彩コードが10個存在するため、ハミング距離は45通り（ $=10C_2$ ）計算される。この結果、図11に示すようなハミング距離のマトリクスが得られる。虹彩パターンは、厳密にいうと一様な収縮をしないため、瞳孔径・虹彩径比の値 $R$ が近い虹彩コードほど、そのハミング距離は小さくなり、遠いほどハミング距離は大きくなる。

そして、各虹彩コードについて、隣接する2つの虹彩コードとのハミング距離が所定の閾値以上であるか否かを判定し、2つのハミング距離が両方とも閾値未満であるとき、その虹彩コードは省略可能であると判断する。所定の閾値は、例えば0.20とする。

具体的には、図11において虹彩コード1に着目すると、虹彩コード0とのハミング距離は0.15であり、虹彩コード2とのハミング距離は0.16である。すなわち、ハミング距離が両方とも閾値すなわち0.20未満であるので、虹彩コード1は省略可能と判断する。この判断は、仮に、認証時の虹彩コードが虹彩コード1に近い場合であっても、虹彩コード0または虹彩コード2と比較することによって認証が成功するため、虹彩コード1は省略してもよい、という思想に基づく。

そして、図11において虹彩コード1の行と列を消去して、同様の操作を繰り返す。虹彩コード2に着目すると、虹彩コード0とのハミング距離は0.20であり閾値未満ではないので、虹彩コード2は省略不可能と判断する。次に、虹彩コード3に着目した場合、虹彩コード2とのハミング距離は0.14であり、虹彩コード4とのハミング距離は0.13であり、両方とも閾値未満であるので、虹彩コード3は省略可能と判断する。このような処理を繰り返し、最終的には、虹彩コード0, 2, 4, 6, 8, 9の6個が選択される。

このように、虹彩コード間のハミング距離を参照して、最終的に登録する虹彩コードを決定することによって、虹彩データベース12のデータ量を削減することができる。

なお、虹彩データベースに保存する特徴データを選択するための手法としては、虹彩コードのハミング距離を利用する以外にも、様々な手法が考えられる。例えば、瞳孔径・虹彩径比を用いてもよく、例えば、瞳孔径・虹彩径比が0.1～0.3、0.3～0.5、0.5～0.7の各範囲に入るものから、それぞれ1個ずつを選択してもよい。またその他にも、目の見開き度合が十分大きいかな否か、まばたきや被写体の動きによってぶれていないかどうか、フォーカス値が合っているかな否か、等を、選択基準として用いることができる。

虹彩コードの選択は、次のような方法によっても行うことができる。すなわち、

抽出した複数の虹彩コードのうち任意の1つを実際に登録すると見なしたとき、この仮登録コードと各虹彩コードとのハミング距離から、図12のようなグラフが作成できる。図12において、縦軸はハミング距離、横軸は瞳孔径・虹彩径比であり、各点は仮登録コード以外の各虹彩コードに対応している。

そして図12のグラフから、許容すべきFRR（本人拒否率、例えば1%）を満たす瞳孔径・虹彩径比の範囲A1を得ることができる。また、他の虹彩コードについても、同様の処理を行って許容すべきFRRを満たす瞳孔径・虹彩径比の範囲を求める。そして、瞳孔径・虹彩径比がとりうる範囲全てがカバーされるように、虹彩コードを選択することによって、必要最小限の登録虹彩コードを決定することができる。

ただし、この方法を行う必要条件として、登録時に得られる虹彩データの個数が十分多いことが挙げられる。また、認証時には、他の要因（カメラのフォーカスずれ、瞼・睫による隠蔽等）によって本人棄却がなされる可能性も考えられるので、許容すべきFRRを満たす瞳孔径・虹彩径比の範囲は互いに少しずつオーバーラップしていることが望ましい。

なお、本願発明者らによる実験の結果、一人の登録者について、縮瞳状態、通常状態、および散瞳状態における虹彩画像からそれぞれ得られた3個の特徴データを少なくとも登録しておけば、その登録者は良好に認証可能であることが分かっている。ここで、縮瞳状態とは、瞳孔径・虹彩径比が0.1～0.3のとき、通常状態とは、瞳孔径／虹彩径が0.3～0.5のとき、散瞳状態とは、瞳孔径・虹彩径比が0.5～0.7のときとする。

最後に、ステップSA4で選択した特徴データとしての虹彩コードを、瞳孔開度指標としての瞳孔径・虹彩径比と併せて、虹彩データベース12に保存する（SA5）。ここでは、虹彩登録装置14の特徴送信部37が、ネットワーク網13を介して虹彩データベース12に虹彩コードと瞳孔径・虹彩径比を送信する。

図13は虹彩データベース12のデータ内容の一例を模式的に示す図であり、複数（M

人)の登録者について合計N個の虹彩コードが登録されている。図13に示すように、各虹彩コードには、瞳孔径・虹彩径比が付加情報として添付されている。

図14は本実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。図14のフローに従って、本実施形態に係る虹彩認証方法における認証時の処理について説明する。

まず、被認証者は、虹彩認証装置15の虹彩画像取得部41によって、虹彩画像を撮影する(SB1)。ここで、虹彩認証装置15として図5の認証機能付携帯電話20のような可搬型の装置を用いた場合には、場所・時間を問わず認証可能である。昼間の屋外では、縮瞳状態の虹彩画像が撮影されることになり、夜間や照明が暗い場所では、散瞳状態の虹彩画像が撮影される。

次に、特徴抽出部42が、撮影した虹彩画像から特徴データとして虹彩コードを抽出する(SB2)とともに、比計算部43が、撮影した虹彩画像から瞳孔開度指標として瞳孔径・虹彩径比を計算する(SB3)。ステップSB2、SB3の処理は、登録時におけるステップSA2、SA3と同様であるため、ここでは説明を省略する。

次に、特徴データ取得部44が、虹彩データベース12の中から、瞳孔径・虹彩径比を対比することによって、照合対象となる虹彩コードを選択する(SB4)。ここでは、認証時の瞳孔径・虹彩径比と値が近い瞳孔径・虹彩径比と併せて登録されている虹彩コードを選択するものとする。

例えば図1のように、認証時の虹彩画像における瞳孔径・虹彩径比Rが0.41であるとき、虹彩データベース12の中から、比Rが0.41に近い虹彩コードを照合対象として取得する。図1は、自分のIDを申告しない、1対N認証を説明した図である。1対N認証の場合は、図1に示すように、虹彩データベース12に登録された全ての登録者について、それぞれ、比Rが0.41に最も近い虹彩コードを1個ずつを取得する。一方、自分のIDを申告する1対1認証の場合は、申告したIDに該当する登録者について、比Rが0.41に最も近い虹彩コード1個を取得する。

そして、認証部45によって、特徴抽出部42によって抽出した虹彩コードと、特徴データ取得部44によって取得した虹彩コードとを比較することによって、認証を行う(S

B 5)。ここでは、特許文献 2 の方法と同様に、対象人物の顔の傾きや眼球の回旋運動の影響を補償するために、虹彩コードの相対シフトを行いながら比較を行う。コード比較時における相対シフトは、図 10 (c) に示す虹彩コードが、あたかも巻かれて円筒にされるかのように、互いに関して虹彩コードを角度方向にシフトさせながら比較処理を反復することによって実行される。そして、ハミング距離が最小となるシフト時でのハミング距離を最終的なハミング距離として出力する。認証は、この最終的なハミング距離が閾値以上であるか否かによって行い、閾値以上のときは被認証者は他人と判定する一方、閾値未満のときは被認証者は本人であると決定する。

なお、ここでは、虹彩認証装置 1 5 において認証まで行う例について説明したが、この代わりに、自分が持つ端末である虹彩認証装置では特徴抽出および比計算までの処理 (S B 1 ~ S B 3) を実行し、抽出した特徴データおよび瞳孔径・虹彩径比の値を虹彩認証サーバ 1 1 に向けて送信し、虹彩認証サーバ 1 1 において、特徴データ取得および認証 (S B 4, S B 5) を行ってもかまわない。

以上のように本実施形態によると、登録時には、登録者に対し、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、これら複数の虹彩画像から複数の虹彩コードを抽出して、瞳孔径・虹彩径比と対応づけて登録しておき、認証時には、登録された複数の虹彩コードの中から、瞳孔径・虹彩径比を対比して、照合対象の虹彩コードを選択する。すなわち、認証時に撮影した虹彩画像と瞳孔開度が同程度の虹彩画像から抽出した虹彩コードが、照合対象として選択されるので、認証時の瞳孔が、たとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、本人拒否率を抑えた個人認証を実行することができる。

また、瞳孔径・虹彩径比を用いて照合対象の虹彩コードを絞り込むので、ただ単に、瞳孔径・虹彩径比が異なる複数の虹彩コードを登録しておき、認証時に最もハミング距離が小さい虹彩コードを選択するような場合に比べて、照合時間を大幅に短縮することができる。

#### (第 1 の実施形態の変形例)

上述の第 1 の実施形態では、登録時において、被登録者について、瞳孔開度が異なる複



数の虹彩画像を取得し、これら複数の虹彩画像からそれぞれ得た複数の特徴データを虹彩データベースに登録するものとした。ここでは、その変形例について説明する。

図22は本変形例における登録時の処理を示すフローチャートである。図22のフローに従って、本変形例に係る個人認証方法における登録時の処理について説明する。

まず、被登録者は、虹彩画像を撮影する(SA1')。第1の実施形態との違いは、必ずしも複数の画像を撮影する必要がないことと、虹彩撮影装置16のような可視光照明強度を制御可能な装置を用いる必要がないことである。ここでは、例えば図5のような携帯型機器を用いて登録を行う場合を想定している。

次に、ステップSA1'で撮影した虹彩画像から、特徴データとしての虹彩コードを抽出する(SA2')。また、取得した虹彩画像から、瞳孔径・虹彩径比を計算する(SA3')。虹彩画像から虹彩コードを抽出する方法や、虹彩画像から瞳孔径・虹彩径比を計算する方法は、第1の実施形態と同様なので説明を省略する。

最後に、特徴データとしての虹彩コードを、瞳孔開度指標としての瞳孔径・虹彩径比と併せて、虹彩データベース12に保存する(SA4')。

このとき、虹彩登録装置14または虹彩認証サーバ11は、同一の被登録者について、虹彩コードが既に登録されているか否かをチェックしてもよい。例えば、虹彩コードが既に登録されている場合は、登録済みの虹彩コードと新たな虹彩コードとの瞳孔径・虹彩径比同士を比較し、瞳孔径・虹彩径比の値が近いとき、新たな虹彩コードの保存を行わないようにする。これは、似たような瞳孔径・虹彩径比を持つ登録虹彩コードが複数あっても、認証性能向上にそれほど貢献せず、いたずらに虹彩データベースの容量が増加するだけだからである。瞳孔径・虹彩径比の値が近いかな否かの判断は、所定の閾値を用いて行えばよい。

被登録者は、ステップSA1'～SA4'までの登録処理を、連続して、または、時間をあけて複数回行ってもよい。その場合、周囲の明るさが異なる環境で登録処理を行うことによって、瞳孔開度が異なる虹彩画像が取得できるので、瞳孔径・虹彩径比の値が異なる複数の虹彩コードを登録することができる。

一方、本変形例に係る認証時の処理は第1の実施形態と同様であり、ここでは図14のフローに従って説明する。

ステップSB1～SB3の処理は、第1の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

次に、特徴データ取得部44が、虹彩データベース12の中から、瞳孔径・虹彩径比を対比することによって、照合対象となる虹彩コードを特定する(SB4)。ここでは、認証時の瞳孔径・虹彩径比と値が近い瞳孔径・虹彩径比と併せて登録されている虹彩コードを選択するものとする。

例えば図23のように、認証時の虹彩画像における瞳孔径・虹彩径比Rが0.25であるとき、虹彩データベース12の中から、比Rが0.25に近い虹彩コードを照合対象として取得する。図23は自分のIDを申告しない1対N認証を示している。1対N認証の場合、図23に示すように、虹彩データベース12に登録された全ての登録者について、それぞれ、比Rが0.25に最も近い虹彩コードを1個ずつ取得する。一方、自分のIDを申告する1対1認証の場合は、申告したIDに該当する登録者について、比Rが0.25に最も近い虹彩コード1個を取得する。

そして、認証部45によって、特徴抽出部42によって抽出した虹彩コードと、特徴データ取得部44によって取得した虹彩コードとを比較することによって、認証を行う(SB5)。ステップSB5の処理は、第1の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

本変形例では、登録時に、登録する虹彩コードに瞳孔径・虹彩径比を付与することによって、認証時に、瞳孔径・虹彩径比が最も近い虹彩コードを照合対象として特定することができる。よって、本人拒否率がより小さくなるような認証を行うことができる。ただし本変形例では、第1の実施形態のように、登録時に、明るさを変化させて瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影したりはしない。このため、図23に示すように、登録された虹彩コードの瞳孔径・虹彩径比が密な間隔を持っていない場合がある。このため、第1の実施の形態よりも本人拒否率が増加する可能性がある。

また、1対1認証の場合は、本人拒否率を増加させないために、図24のような認証処理を行うこともできる。ステップSB1～SB3の処理は第1の実施形態と同様であるた

め、説明を省略する。

次に、特徴データ取得部 44 が、虹彩データベース 12の中から、瞳孔径・虹彩径比を対比することによって、照合対象となる虹彩コードを探索する (SB8)。ここでは、認証時の瞳孔径・虹彩径比と所定程度近い瞳孔径・虹彩径比と併せて登録されている虹彩コードを、探索するものとする。

例えば図 25のように、認証時の虹彩画像における瞳孔径・虹彩径比  $R$  が 0.25 であるとき、虹彩データベース 12の中から、比  $R$  が 0.25 と比べて所定範囲 (ここでは例えば  $\pm 0.15$ ) 内にある虹彩コードを照合対象として探索する。図 25 は自分の ID を申告する 1 対 1 認証を示している。申告した  $ID = i$  とすると、登録者  $i$  の虹彩コードの中から比  $R$  が  $0.25 \pm 0.15$  の範囲内にあり、かつ、0.25 に最も近い虹彩コードを探索する。

該当する虹彩コードが存在したか否かをチェックし (SB9)、存在したときは (Yes)、その虹彩コードを照合対象として用いて認証を行う (SB10)。ステップ SB10 の処理は第 1 の実施形態におけるステップ SB5 と同様であるため、説明を省略する。一方、該当する虹彩コードが存在しないときは (No)、認証処理を中止する (SB11)。図 25 の例では、該当する虹彩コードが存在しないため、ステップ SB11 に進む。

ここで、ステップ SB11 において、単に認証処理を中止するだけでなく、被認証者に対して、本人拒否率低減のためのアドバイスを行うこともできる。すなわち、認証時の瞳孔開度指標と、登録された特徴データに係る瞳孔開度指標とを基にして、虹彩画像の好ましい撮影条件を推定し、推定した撮影条件における虹彩画像の再取得を被認証者に促すようにする。ここでの虹彩画像の再取得は、再認証のためであっても、新たな特徴データの登録のためであってもよい。これにより、本人拒否率が低減するとともに、ユーザの利便性も向上する。アドバイスの提示は、例えば図 5 の携帯電話 20 のモニタ 23 を介して行えばよい。

例えば図 25 の場合、登録者  $i$  について、登録虹彩コードの瞳孔径・虹彩径比の最小値は 0.43 であり、認証時の瞳孔径・虹彩径比は 0.25 であったので、次回の認証では、

瞳孔径・虹彩径比が0.25よりも大きくなるように、より暗い場所で撮影を行うことを促すようにする。あるいは、今後の認証のため、瞳孔径・虹彩径比が0.43よりも小さな虹彩コードが登録できるように、明るい場所での登録を促してもよい。

#### (第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態では、登録時において、特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、この関係式を表すためのパラメータを登録する。そして認証時において、登録されたパラメータによって表された関係式に、抽出した瞳孔開度指標を代入して、照合対象の特徴データを得る。

本実施形態に係る個人認証方法は、例えば図2の認証システムにおいて実現される。図15は本実施形態に係る虹彩登録装置14Aの構成を示すブロック図であり、図3と共通の構成要素には図3と同一の符号を付している。関係式計算部38は、特徴データと瞳孔開度指標としての瞳孔径・虹彩径比との関係式を計算し、この関係式を表すパラメータを求める。特徴送信部37は関係式計算部38によって求められたパラメータを虹彩データベース12に送信する。

図16は本実施形態に係る虹彩認証装置15Aの構成を示すブロック図であり、図4と共通の構成要素には図4と同一の符号を付している。特徴データ計算部46は、虹彩データベース12に登録されたパラメータによって表された関係式に、認証時の瞳孔径・虹彩径比を代入することによって、照合対象の特徴データを取得する。

図17は本実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。図17のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における登録時の処理について説明する。

ステップSA1～SA3の処理は、第1の実施形態と同様である。すなわち、虹彩撮影装置16によって、被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影し(SA1)、虹彩登録装置14Aの特徴抽出部35によって、複数の虹彩画像から特徴データとしての虹彩コードをそれぞれ抽出し(SA2)、虹彩登録装置14Aの比計算部36によって、複数の虹彩画像から瞳孔径・虹彩径比をそれぞれ計算する(SA3)。た

だし、ステップSA2では、各虹彩画像について、虹彩コードとともに、図10(b)に示すような極座標表現した画像にGaborフィルタを適用した後の信号を、保存しておく。

次に、虹彩登録装置14Aの関係式計算部38によって、各次元毎に、瞳孔径・虹彩径比と、特徴データとの関係式を計算する(SA6)。図18はステップSA6の処理の詳細を示すフローチャートである。

まず、ステップSA2で作成された複数(K個)の虹彩コードについて、i番目のコードを基準とした場合、i番目のコードとj番目( $j \neq i$ )のコード間のハミング距離を算出する(SA61)。コード間のハミング距離の計算方法は、第1の実施形態で説明した方法と同様である。またこのとき、ハミング距離とともに、そのハミング距離を算出した際のシフト量(回転角 $\theta_j$ )を保存する(SA62)。

そして、ステップSA2で保存しておいたGaborフィルタの出力信号をそれぞれ、回転角 $\theta_j$ だけ回転させる(SA63)。最後に、各出力信号における同一位置の値を観測し、瞳孔径・虹彩径比の値と、出力信号値の関係を多項式(D次式)でフィッティングする(SA64)。

図19はステップSA6の処理を概念的に説明するための図である。同図中、(a)はステップSA1で撮影した瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像であり、虹彩領域を虹彩外縁と瞳孔外縁の2重円で簡略化して表現している。また、ステップSA3で計算された瞳孔径・虹彩径比Rの値を併せて示している。図19(b)はステップSA2で記憶されたGaborフィルタの出力を、ステップSA61で計算したハミング距離に対応したシフト量の分だけシフトしたもの、図19(c)は図19(b)におけるGaborフィルタ出力のうち、座標(i, j)における値を、横軸を瞳孔径・虹彩径比とするグラフにプロットし、D次式でフィッティングした結果を示す図である。

なお、図19(c)ではある座標における実部(または虚部)のGaborフィルタ出力について示しているが、実際にはこの処理を、特徴データを求める全座標について、実部および虚部について、並びに、Gaborフィルタの解析周波数のそれぞれについて行

う。例えば、極座標画像において、半径方向にS点、角度方向にT点、F種類の周波数のG a b o rフィルタを適用する場合、このようなD次式がZ個作成される。

$$Z = S \times T \times F \times 2$$

2を乗じているのは、実部と虚部に対応する。

次元数Dに関しては、小さく設定した場合は、虹彩データベース12のデータ量は削減されるものの、フィッティングの精度は低下する。逆に大きく設定した場合は、虹彩データベース12の記憶容量が増大するが、フィッティングの精度は向上する。本実施の形態では、次元数Dとして「3」を用いることとする。D=3のとき、関係式は、

$$Y = a X^3 + b X^2 + c X + d$$

となる。ここで、Xは瞳孔径・虹彩径比、Yは極座標のある位置におけるG a b o rフィルタ出力、a, b, c, dは係数である。

D=3を選んだ理由は次のとおりである。虹彩認証を屋内で使用する場合は、虹彩パタンの変化は一様に伸縮するゴムシートとして近似可能である。ゴムシートで近似できるということは、瞳孔径・虹彩径比が変わっても、G a b o rフィルタ出力の符号が変化しないことを意味している。符号が変化しなければ、虹彩コードのビットは変化しない。すなわち、登録虹彩コードの瞳孔径・虹彩径比と近い範囲では、YはXの比較的低次（D=1または2）の式で表現可能である。一方、登録虹彩コードの瞳孔径・虹彩径比から離れるような、極端な縮瞳時や散瞳時では、虹彩コードのビットは反転し、G a b o rフィルタの出力の符号は変化する。このような関係を表現するためには、より高次の式が必要であるが、次元が高くなれば係数を保存するための記憶容量が増大となる。よって、本実施の形態ではD=3を選んでいる。もちろん、記憶容量が増加しても精度を優先するような用途の場合は、Dの値を3よりも大きく設定してもよい。

このようにして算出された関係式の係数を、パラメータとして、虹彩データベース12に保存する（SA7）。図20は虹彩データベース12のデータ内容の一例であり、関係式の係数a, b, c, dが保存されている。各係数の1番目の添字は特徴データの番号に対応しており、2番目の添字は次元数に対応している。

なお、ここでは、瞳孔径・虹彩径比とG a b o rフィルタ出力との関係式を、多項式フィッティングすることによって表現する方法について説明したが、これ以外に、例えばコサイン変換等の直交基底によって表現してもよい。

ここで、特徴データを記憶するための記憶容量について言及する。特許文献2の方法では、特徴データは2048次元の二値情報で表現され、特徴データ1個当たり2048bit (=256byte)の容量を必要とした。これに対して本実施形態の場合、各次元を3次式で表現し、各係数を単精度浮動小数(float; 4byte)で表現するものとする、特徴データ1個当たりの容量は、

$$2048 \times 4 \times 4 = 32768 \text{ (byte)}$$

となり、特許文献2の128倍の容量が必要になる。

また、虹彩データベースの容量を削減したい場合は、各パラメータを間引いて登録してもよい。2次元の極座標において、2-D G a b o rフィルタを角度方向および半径方向に適用する場合、そのコンボリューション後の出力値は、角度方向および半径方向の空間的に近い位置では相関がある。図10(b)でも、局所的に見た場合には値が連続している、角度方向の近い位置では相関があることが分かる。よって、G a b o rフィルタ出力値から得られたD次式の各係数値も相関があるものとして、角度方向、半径方向ともに数点おきに係数を登録する。仮に、角度方向、半径方向ともに1点おきに係数を登録する場合、上述の例における128倍の容量増加を、 $128 / 2 / 2 = 32$ 倍まで抑制することができる。また認証の際は、周囲の係数値から補間することにより、係数値を計算することができる。

図21は本実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。図21のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における認証時の処理について説明する。

ステップSB1～SB3の処理は、第1の実施形態と同様である。すなわち、まず被認証者は、虹彩認証装置15Aの虹彩画像取得部41によって、虹彩画像を撮影する(SB1)。次に、特徴抽出部42が、撮影した虹彩画像から特徴データとして虹彩コードを抽

出する（S B 2）とともに、比計算部 4 3 が、撮影した虹彩画像から瞳孔開度指標として瞳孔径・虹彩径比を計算する（S B 3）。

次に、特徴データ計算部 4 6 は、虹彩データベース 1 2 に登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に、比計算部 4 3 によって計算した瞳孔径・虹彩径比を代入して、照合対象の虹彩データを計算する（S B 6）。例えば、認証時の虹彩画像から抽出した瞳孔径・虹彩径比が 0. 4 1 のとき、図 2 0 のような虹彩データベースに格納されたパラメータから作成される D 次式に、瞳孔径・虹彩径比として 0. 4 1 を代入し、出力値を計算する。そして、その出力値を二値化する。この処理を全次元について行い、2 値の虹彩コードを生成する。

このとき、1 対 N 認証の場合は、虹彩データベース 1 2 に登録された全ての登録者について、虹彩コードをそれぞれ取得する。一方、自分の I D を申告する 1 対 1 認証の場合は、申告した I D に該当する登録者について、登録されたパラメータから作成される D 次式に瞳孔径・虹彩径比を代入することによって、虹彩コード 1 個を取得する。

そして、認証部 4 5 によって、特徴抽出部 4 2 によって抽出した虹彩コードと、特徴データ計算部 4 6 によって求めた虹彩コードとを比較することによって、認証を行う（S B 7）。ここでの処理は、第 1 の実施形態におけるステップ S B 5 と同様であるため、説明を省略する。

以上のように本実施形態によると、登録時には、登録者に対し、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、これら複数の虹彩画像から特徴データを生成する D 次式のパラメータを計算して登録しておき、認証時には、認証時の瞳孔径・虹彩径比を、登録されたパラメータから計算される D 次式に代入して、照合対象の虹彩コードを決定する。すなわち、認証時に撮影した虹彩画像の瞳孔開度に応じた虹彩コードが照合対象として生成されるので、認証時の瞳孔が、たとえ縮瞳状態であっても散瞳状態であっても、本人拒否率を抑えた個人認証を実行することができる。



なお、特許文献 3 では、特許文献 2 のように極座標表現を用いて登録時と認証時の瞳孔径の差を吸収するのではなく、瞳孔径が異なる複数の登録画像を準備することによって、登録時と認証時の瞳孔径の差を吸収している。よって、認証精度を高めようとするれば、瞳孔径がわずかに異なる多数の虹彩画像または特徴データを必要とし、データベースの容量の増大を招いてしまう。これは瞳孔径が少しでも異なると、異なる特徴データが得られてしまうからである。また、認証時に多数の虹彩画像と照合する必要があるため、認証時間が大幅に増加するという問題がある。なお 1 対 N 認証の場合には、多数の登録者について多数の特徴データを登録し、かつ、これら全てを認証時に照合しないといけないので、この問題はより深刻なものとなる。

これに対して、上述の各実施形態では、複数の虹彩コードを瞳孔径・虹彩径比と対応づけて登録しておき、認証時に、瞳孔径・虹彩径比を対比して照合対象の虹彩コードを選択したり、特徴データを生成する D 次式のパラメータを登録しておき、認証時に、認証時の瞳孔径・虹彩径比を登録されたパラメータから計算される D 次式に代入して照合対象の虹彩コードを決定したりするので、虹彩データベースの容量や認証時間の増加を招くことがなく、したがって、特許文献 3 と比較して、実用性が格段に向上している、といえる。

なお、屋外での認証時には、虹彩パタンの変化だけではなく、外光の映り込みも認証阻害要因となるが、この映り込みに関しては、例えば本願発明者らによる特願 2002-28446 号によって、対応可能である。

### (第 3 の実施形態)

本発明の第 3 の実施形態では、登録時に、瞳孔径・虹彩径比が付された虹彩コードとともに、この登録虹彩コードから瞳孔径・虹彩径比が異なる他の虹彩コードへの変換規則を、虹彩データベースに併せて登録する。そして認証時には、求めた瞳孔径・虹彩径比を用いて、虹彩データベースに登録された虹彩コードおよび変換規則を基にして、照合対象の虹彩コードを生成する。

図26は本実施形態における登録時の処理を示すフローチャートである。図26のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における登録時の処理について説明する。

まず、被登録者は、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を撮影する(SA1)。そして、ステップSA1で撮影した複数の虹彩画像から、特徴データをそれぞれ抽出する(SA2)とともに、瞳孔径・虹彩径比をそれぞれ計算する(SA3)。これらの処理は、第1の実施形態と同様なので説明を省略する。

次に、虹彩データベースに登録する特徴データを少なくとも1個特定し(SA8)、特定した特徴データを虹彩データベースに保存する(SA9)。ここでは、最も平均的な瞳孔径・虹彩径比を持つ特徴データを登録特徴データとして選択するものとする。その理由は、認証時には、平均的な瞳孔径・虹彩径比を持つ虹彩画像が入力される確率が最も高いであろうと予想されるためである。例えば、取得した複数の虹彩画像の瞳孔径・虹彩径比のうち最大値と最小値を求め、その平均値 $((\text{最大値} + \text{最小値}) / 2)$ に最も近い瞳孔径・虹彩径比を持つ特徴データを選択する。登録虹彩データの瞳孔径・虹彩径比と認証時の瞳孔径・虹彩径比とが近いときは、登録虹彩データを変換しなくても、本人拒否率を抑えた認証が可能である。

また、被登録者が最も頻繁に認証動作を行う状況下で撮影される虹彩画像の瞳孔径・虹彩径比を持つ特徴データを、登録特徴データとして選択してもよい。例えば、室内で頻繁に認証を行う人物については、室内の明るさにおける瞳孔径・虹彩径比を持つ特徴データを選択し、屋外で頻繁に認証を行う人物については、屋外の明るさにおける瞳孔径・虹彩径比を持つ特徴データを選択する。

次に、ステップSA9で保存した登録特徴データから他の瞳孔径・虹彩径比を持つ特徴データへの変換規則を算出する(SA10)。瞳孔径が変化するとき、厳密には、虹彩パターンは円周方向に一様でない収縮をする。一方、図23から分かるように、瞳孔径が多少変動してもハミング距離の変化は少ないため、登録時と認証時の瞳孔径・虹彩径比の差が小さい場合は、認証可能である。ここでは、瞳孔径・虹彩径比の差がある程度大きい場合の、特徴データの変換規則を算出する。

ここで、登録特徴データの瞳孔径・虹彩径比を $R_0$ とし、変換規則を算出する対象の特徴データの瞳孔径・虹彩径比を $R_1$ とする。図27のように、瞳孔径・虹彩径比 $R_0$ の虹彩コードの一部のビット群が、瞳孔径・虹彩径比 $R_1$ の虹彩コードの一部のビット群に対応する箇所を求め、両ビット群間の移動量（ビットシフト量）によって、変換規則を表現する。このビットシフト量は、基本的に、2つのコードの瞳孔径・虹彩径比の差が大きいほど大きくなる。図27の例では、変換規則は、「第6～10ビットを3ビットシフト」「第19～25ビットを-3ビットシフト」と表される。

そして、算出した変換規則を虹彩データベースに保存する（SA11）。変換規則は、例えば図28のようなテーブル形式で格納される。ここでは、変換規則を虹彩データベースに保存するものとしたが、被認証者が例えば図5の携帯型認証装置のような同一の端末を常に用いる場合は、変換規則を認証装置に保存しても構わない。その場合は、被認証者の眼に対応するテーブルのみが認証装置に保存される。

図29は本実施形態における認証時の処理を示すフローチャートである。図29のフローに従って、本実施形態に係る個人認証方法における認証時の処理について説明する。

ステップSB1～SB3の処理は、第1の実施形態と同様なので説明を省略する。

次に、変換規則を基にして、認証時の瞳孔径・虹彩径比を用いて、登録特徴データを変換する（SB12）。虹彩データベースに複数人物（眼）の特徴データが登録されている場合は、変換規則も人物（眼）毎に保存されている。1対N認証の場合は、着目する登録者に対応する変換規則を基にして、認証時に取得した虹彩画像の瞳孔径・虹彩径比を用いて、登録虹彩コードを変換する。1対1認証の場合は、被認証者に対応する変換規則を基にして、認証時に取得した虹彩画像の瞳孔径・虹彩径比を用いて、登録虹彩コードを変換する。変換規則が認証装置に保存されている場合には、1対N認証のとき、認証装置に保存された被認証者の変換規則を用いて全ての登録虹彩コードを変換してもよい。

そして、登録特徴データを変換して得られた照合対象の特徴データと、認証時の特徴データとを照合して認証を行う（SB13）。

以上のように本実施形態によると、登録時において、虹彩コードとともに、瞳孔径・虹

彩径比が異なる虹彩コードへの変換規則を登録し、認証時において、変換規則を基にして、認証時に取得した虹彩画像の瞳孔径・虹彩径比を用いて、登録虹彩コードを変換して照合対象を生成する。これにより、本人拒否率の増加を抑えた認証を行うことができる。

なお、上述の各実施形態では、虹彩画像の特徴データとして、虹彩コードを用いるものとしたが、他の特徴データを用いてもよい。また、特徴データの生成のために極座標系表現を利用したが、これを利用しなくてもかまわない。

なお、上述の各実施形態で示した処理は、その全部または一部を、コンピュータにプログラムを実行させることによって、実施することができる。例えば虹彩認証装置に、コンピュータと、虹彩認証プログラムを記憶する記録媒体としてのメモリとを搭載する。この虹彩認証プログラムは、上述の各実施形態で示した認証時の処理を、コンピュータに実行させるものであればよい。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、様々な状況下において、本人拒否率が抑えられた十分に精度の高い個人認証を可能にするので、例えば、携帯電話・PDAなどに虹彩認証機能を搭載し、電子商取引用途のモバイル認証を行う際に、有効である。

### 請求の範囲

1. 虹彩画像を用いた個人認証方法であって、  
登録時において、  
被登録者について、虹彩画像を取得し、  
取得した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを求め、  
求めた特徴データおよび瞳孔開度指標を用いて、虹彩データベースに、前記被登録者についてのデータ登録を行い、  
認証時において、  
被認証者について、虹彩画像を取得し、  
取得した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを求め、  
前記虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、認証時に求めた瞳孔開度指標を用いて、照合対象の特徴データを得て、  
前記照合対象の特徴データと、認証時に求めた特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断することを特徴とする個人認証方法。

2. 請求項1において、  
登録時において、  
特徴データを、瞳孔開度指標と併せて、前記被登録者と対応づけて、前記虹彩データベースに登録し、  
認証時において、  
前記虹彩データベースに登録者と対応付けて登録されている特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と認証時に求めた瞳孔開度指標とを対比することによって、前記照合対象の特徴データを特定することを特徴とする個人認証方法。

3. 請求項2において、

登録時において、前記被登録者について、縮瞳状態、通常状態および散瞳状態における虹彩画像からそれぞれ得られた3個の特徴データを、少なくとも登録する

ことを特徴とする個人認証方法。

4. 請求項2において、

登録時において、

前記被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、  
取得した前記複数の虹彩画像から、それぞれ、特徴データを求め、  
求めた複数の特徴データ同士を照合することによって、前記複数の特徴データ  
から、前記虹彩データベースに登録する特徴データを、選択する

ことを特徴とする個人認証方法。

5. 請求項2において、

認証時において、求めた瞳孔開度指標と所定程度近い瞳孔開度指標を有する特徴データが、前記登録者について登録されていないとき、認証処理を中止する

ことを特徴とする個人認証方法。

6. 請求項5において、

認証処理を中止したとき、

認証時に求めた瞳孔開度指標と、登録されている特徴データに係る瞳孔開度指標とを基にして、虹彩画像の好ましい撮影条件を推定し、

前記被認証者に、推定した撮影条件における虹彩画像の再取得を促す

ことを特徴とする個人認証方法。

7. 請求項1において、

登録時において、

前記被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、

取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ求めた複数の特徴データおよび瞳孔開度指標から、特徴データと瞳孔開度指標との関係式を求め、

この関係式を表すためのパラメータを、前記被登録者と対応づけて、前記虹彩データベースに登録し、

認証時において、

前記虹彩データベースに登録者と対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に、認証時に求めた瞳孔開度指標を代入して、前記照合対象の特徴データを得る

ことを特徴とする個人認証方法。

8. 請求項7において、

登録時において、前記パラメータを、間引いて登録し、

認証時において、間引かれたパラメータを、補間によって復元することを特徴とする個人認証方法。

9. 請求項1において、

登録時において、

前記被登録者について、瞳孔開度が異なる複数の虹彩画像を取得し、

取得した前記複数の虹彩画像からそれぞれ求めた複数の特徴データから、登録する特徴データを特定するとともに、この登録特徴データから瞳孔開度指標が異なる他の特徴データへの変換を行うための変換規則を求め、

前記登録特徴データおよび変換規則を、前記被登録者と対応づけて、前記虹彩データベースに登録し、

認証時において、

前記虹彩データベースに登録者に対応付けて登録された特徴データおよび変換規則を基にして、認証時に求めた瞳孔開度指標を用いて、前記照合対象の特徴データを生成する

ことを特徴とする個人認証方法。

10. 請求項1において、

前記瞳孔開度指標は、虹彩画像における瞳孔径と虹彩径との比であることを特徴とする個人認証方法。

11. 虹彩画像を用いた個人認証方法であって、

被認証者について、虹彩画像を取得する第1のステップと、

前記第1のステップにおいて取得した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを求める第2のステップと、

瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標を用いて、照合対象の特徴データを得る第3のステップと、

前記第3のステップにおいて得た照合対象の特徴データと、前記第2のステップにおいて求めた特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断する第4のステップとを備えたことを特徴とする個人認証方法。

12. 請求項11において、

前記虹彩データベースは、各登録者について、虹彩画像の特徴データが少なくとも1つ、瞳孔開度指標と併せて登録されたものであり、

前記第3のステップにおいて、前記虹彩データベースに登録者に対応付けて登録された



少なくとも1つの特徴データの中から、当該特徴データと併せて登録されている瞳孔開度指標と前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標とを対比することによって、前記照合対象の特徴データを特定することを特徴とする個人認証方法。

13. 請求項11において、

前記虹彩データベースは、各登録者について、虹彩画像の特徴データと瞳孔開度指標との関係式を表すパラメータが登録されたものであり、

前記第3のステップにおいて、前記虹彩データベースに登録者に対応づけて登録されたパラメータから関係式を得て、この関係式に、前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標を代入することによって、前記照合対象の特徴データを得ることを特徴とする個人認証方法。

14. 請求項11において、

前記虹彩データベースは、各登録者について、虹彩画像の特徴データと、この特徴データから瞳孔開度指標が異なる他の特徴データへの変換を行うための変換規則とが登録されたものであり、

前記第3のステップにおいて、前記虹彩データベースに登録者に対応付けて登録された特徴データおよび変換規則を基にして、前記第2のステップにおいて求めた瞳孔開度指標を用いて、前記照合対象の特徴データを生成することを特徴とする個人認証方法。

15. 虹彩認証のためのデータ登録を行う装置であって、

被登録者について、虹彩画像を取得する手段と、

前記虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを求める手段と、

前記特徴データおよび瞳孔開度指標を用いて、虹彩データベースに、前記被登録者につ

いてのデータ登録を行う手段とを備えた  
ことを特徴とする虹彩登録装置。

16. 虹彩画像を用いて個人認証を行うための装置であって、

被認証者について、虹彩画像を取得する手段と、

前記虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを求める手段と、

前記瞳孔開度指標を用いて、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者に対応付けて登録されたデータを参照し、照合対象の特徴データを取得する手段と、

前記照合対象の特徴データと、前記特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断する手段とを備えたことを特徴とする虹彩認証装置。

17. 虹彩画像を用いた個人認証をコンピュータに実行させるプログラムであって、

被認証者について取得した虹彩画像から、特徴データと、瞳孔開度指標とを求めるステップと、

前記瞳孔開度指標を用いて、瞳孔開度指標を用いたデータ登録がなされた虹彩データベースに登録者について登録されているデータを参照し、照合対象の特徴データを取得するステップと、

前記照合対象の特徴データと、前記特徴データとを比較することによって、前記被認証者が前記登録者と同一であるか否かを、判断するステップとをコンピュータに実行させるプログラム。

1/26

FIG. 1

12

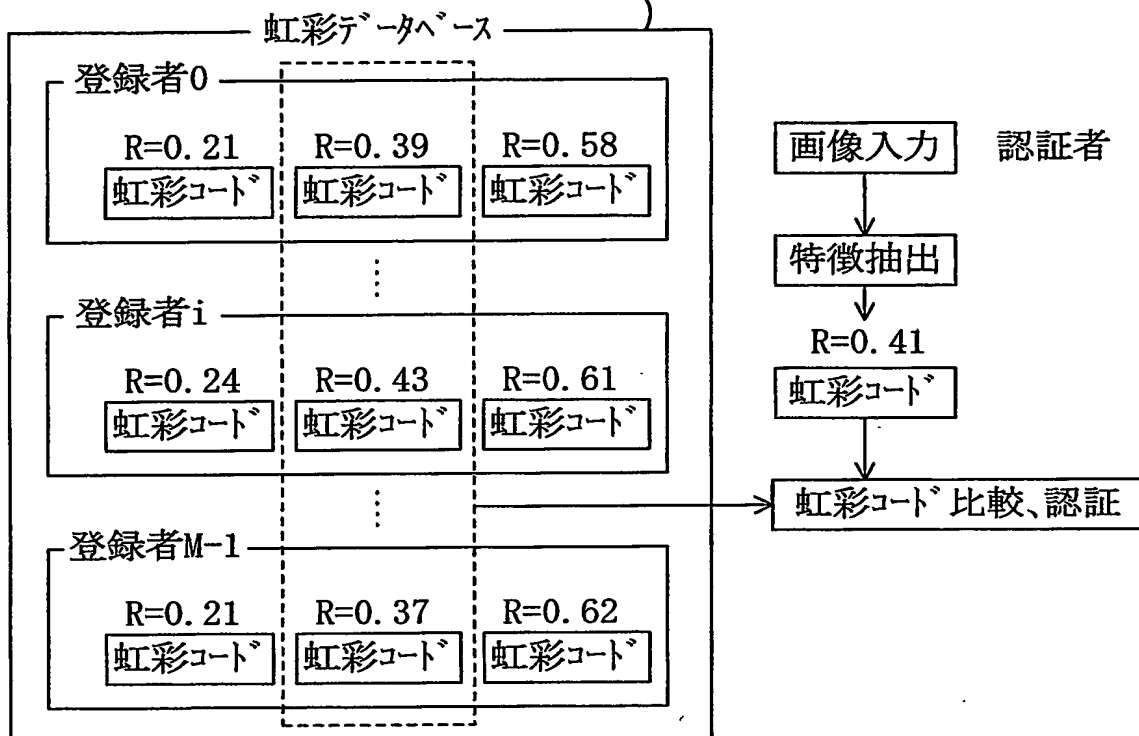
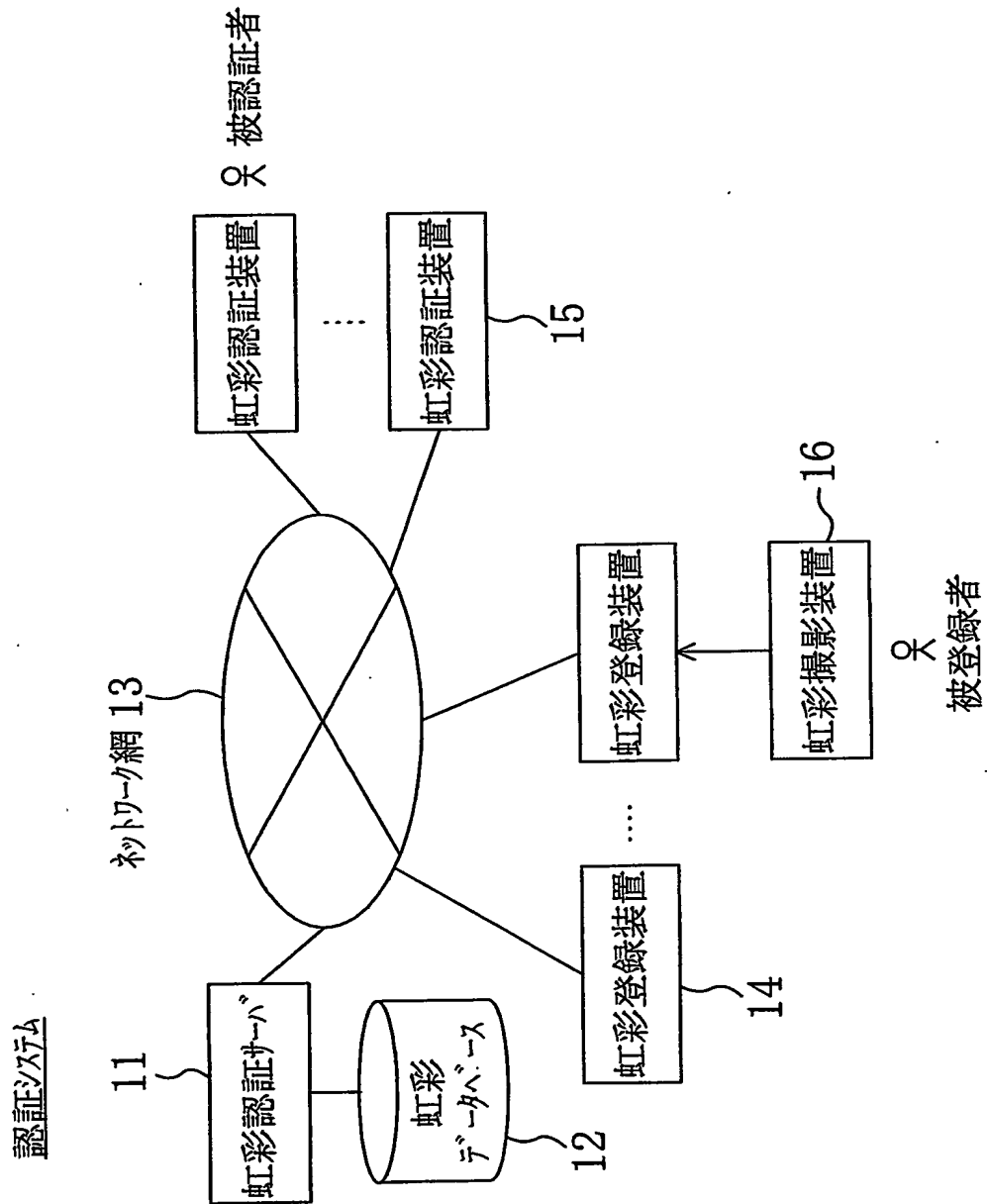
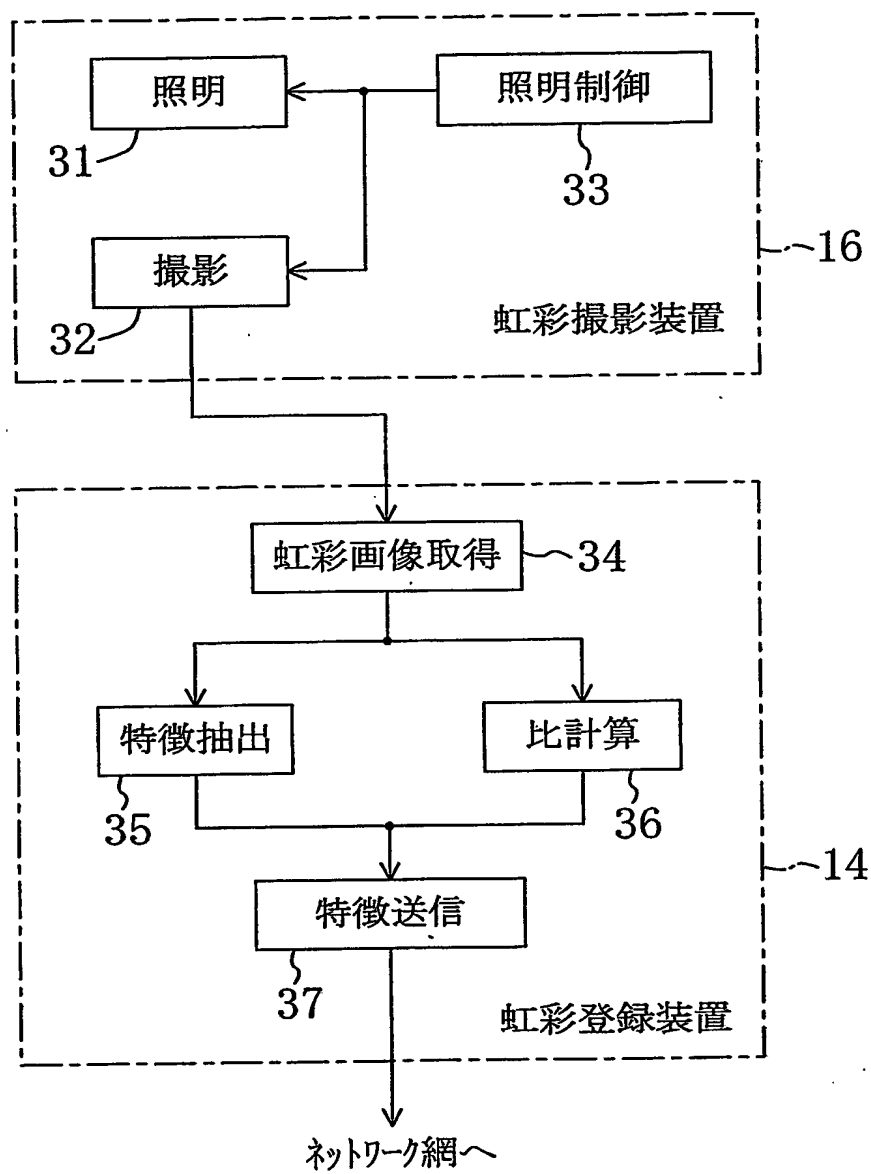


FIG. 2



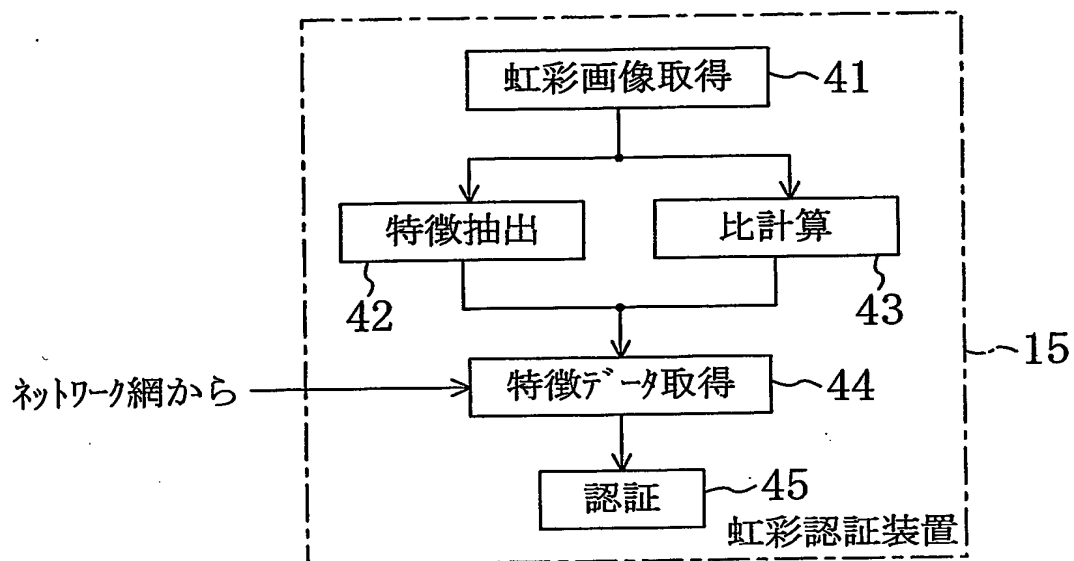
3/26

FIG. 3



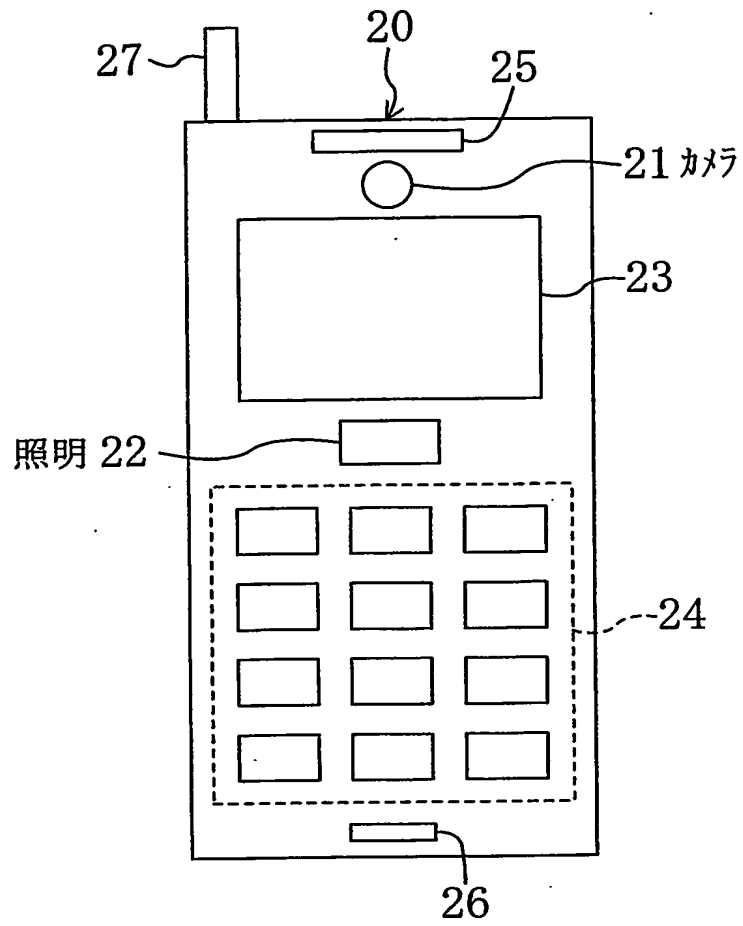
4/26

FIG. 4



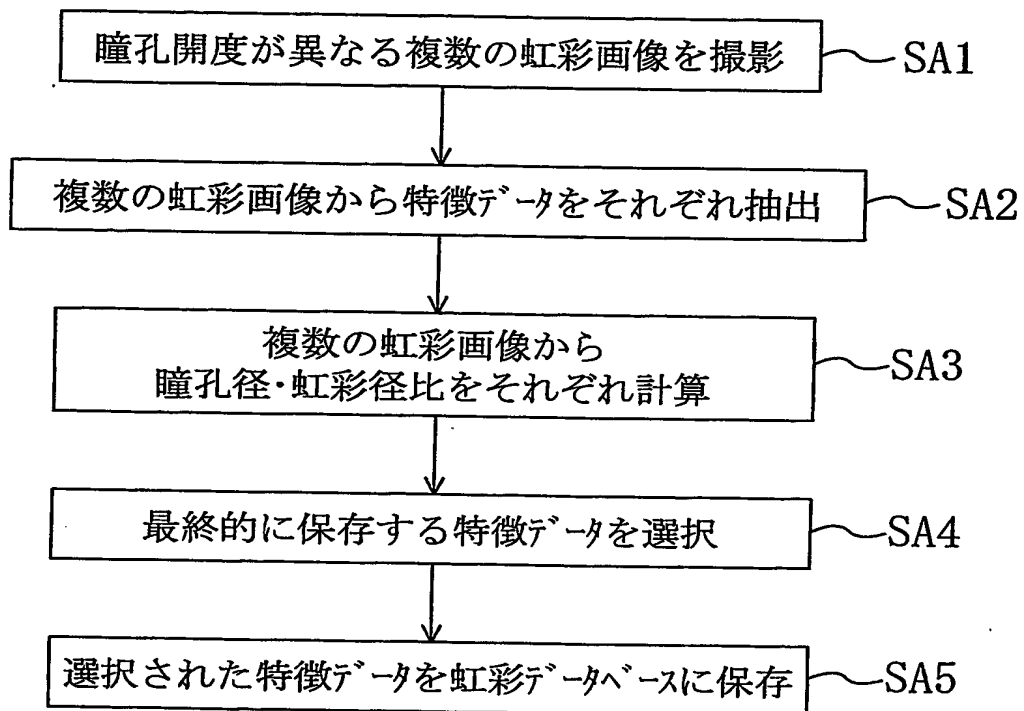
5/26

FIG. 5



6/26

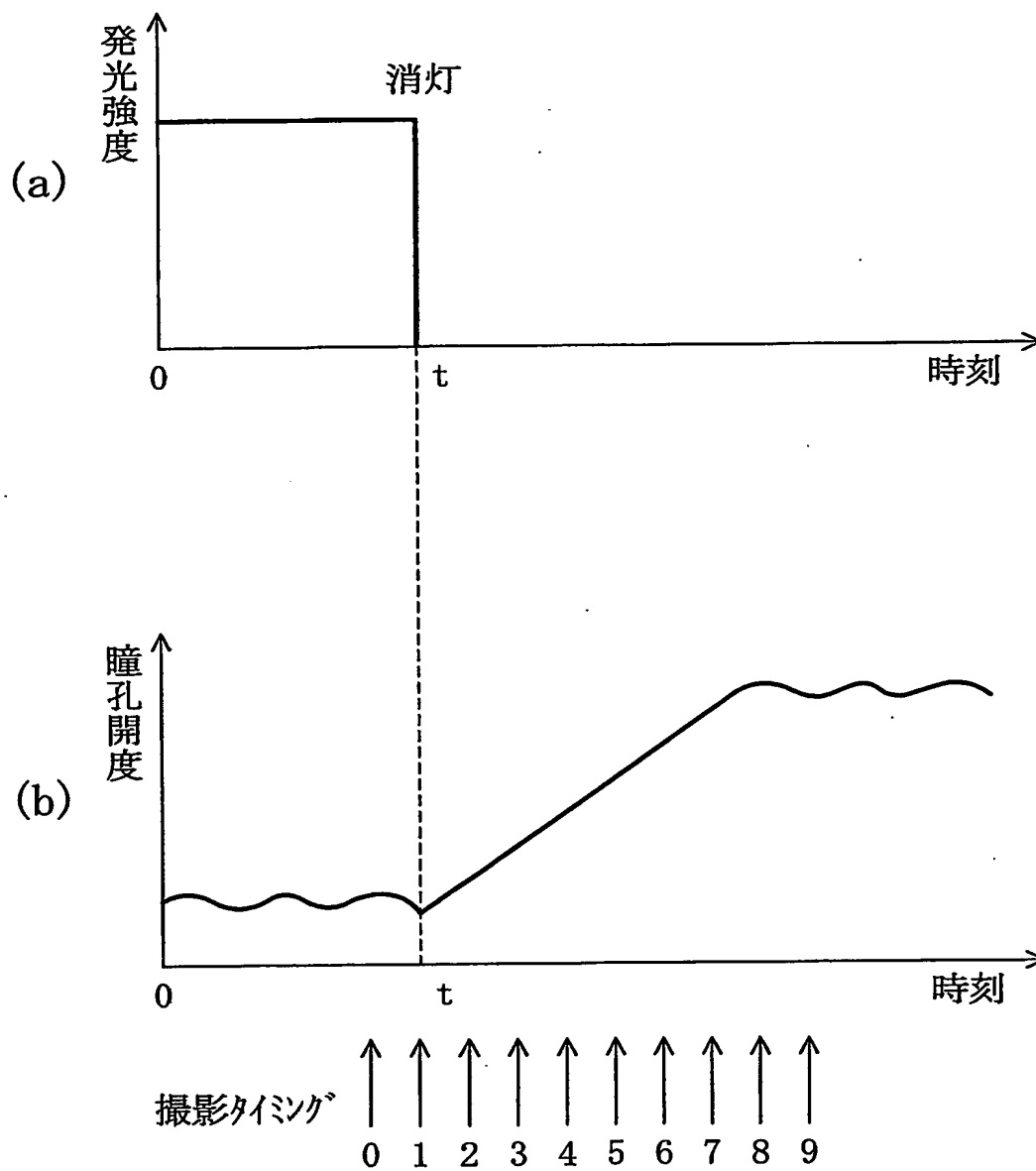
FIG. 6

登録時



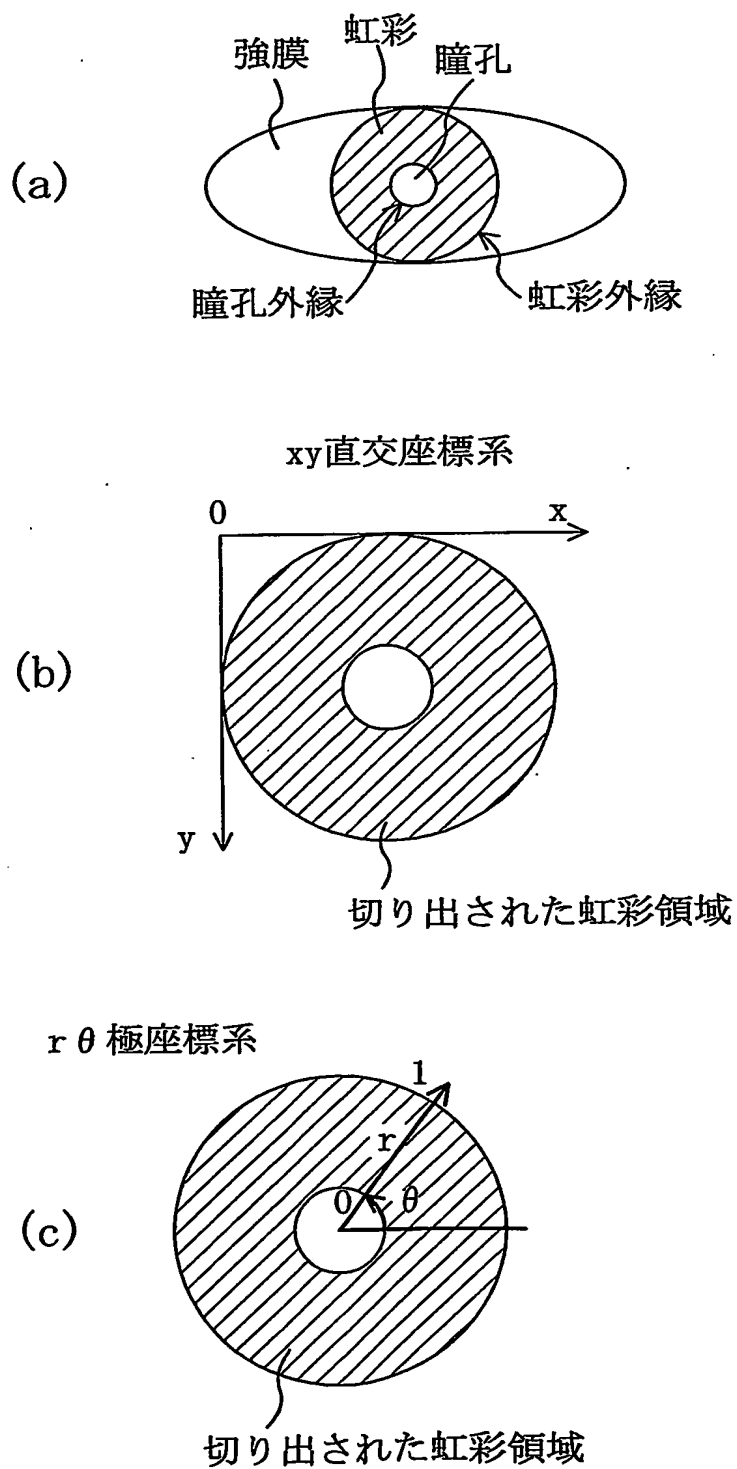
7/26

FIG. 7



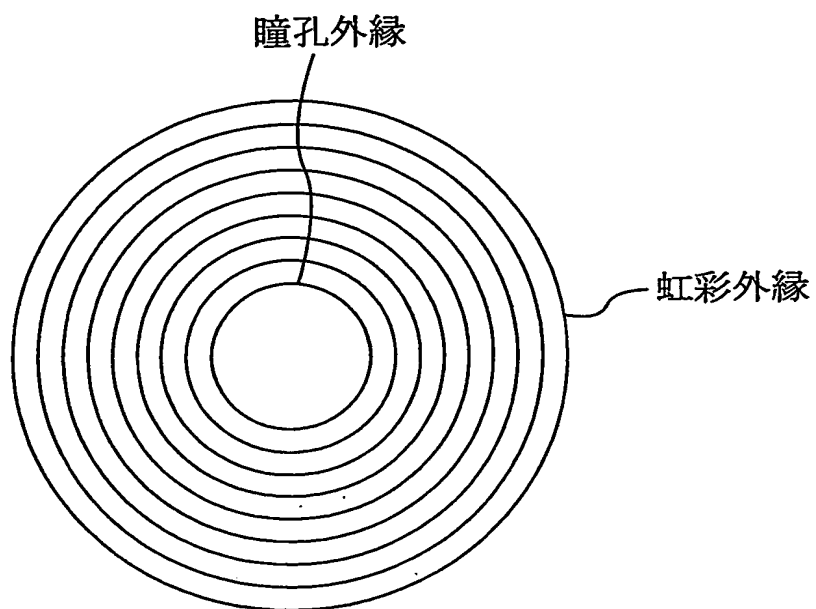
8/26

FIG. 8



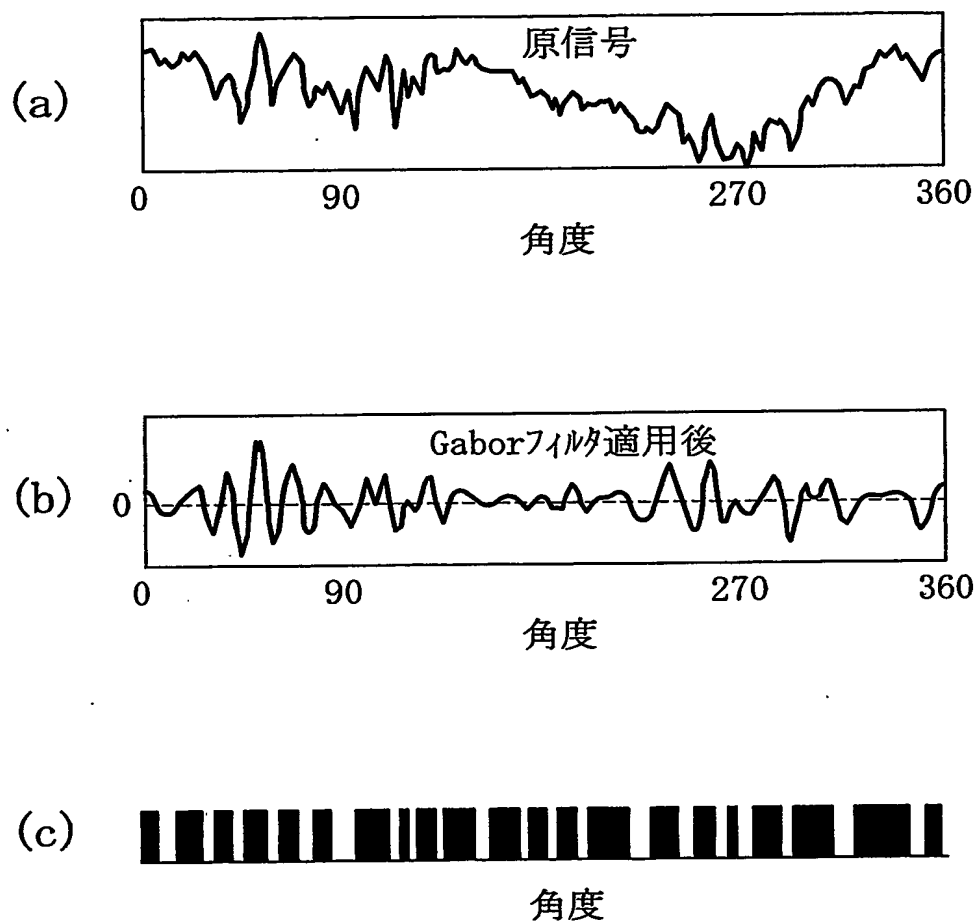
9/26

FIG. 9



10/26

FIG. 10

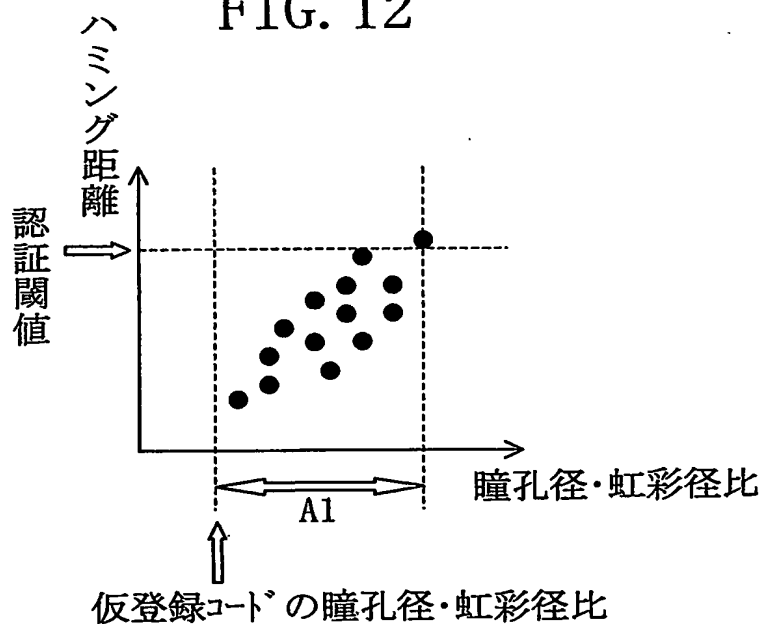


11/26

FIG. 11

コート番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0.15	0.20	0.24	0.31	0.34	0.38	0.41	0.42	0.41
1			0.16	0.22	0.24	0.32	0.37	0.38	0.40	0.42
2				0.14	0.21	0.26	0.30	0.34	0.37	0.39
3					0.13	0.18	0.24	0.29	0.37	0.40
4						0.16	0.22	0.28	0.31	0.36
5							0.13	0.19	0.24	0.28
6								0.14	0.21	0.24
7									0.15	0.19
8										0.12
9										

FIG. 12



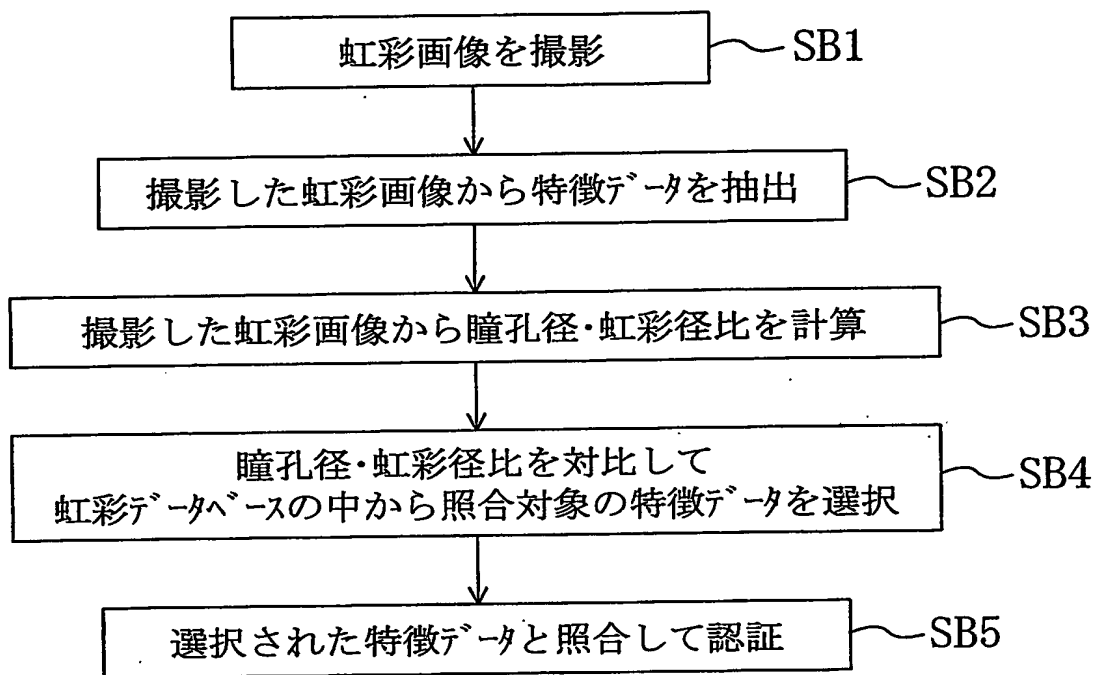
12/26

FIG. 13

虹彩コート <sup>®</sup> No.	登録者No.	瞳孔径・虹彩径比
00000	00000	0. 21
00001	00000	0. 39
00002	00000	0. 58
00003	00001	0. 19
00004	00001	0. 42
00005	00001	0. 61
...	...	...
N-1	M-1	0. 62

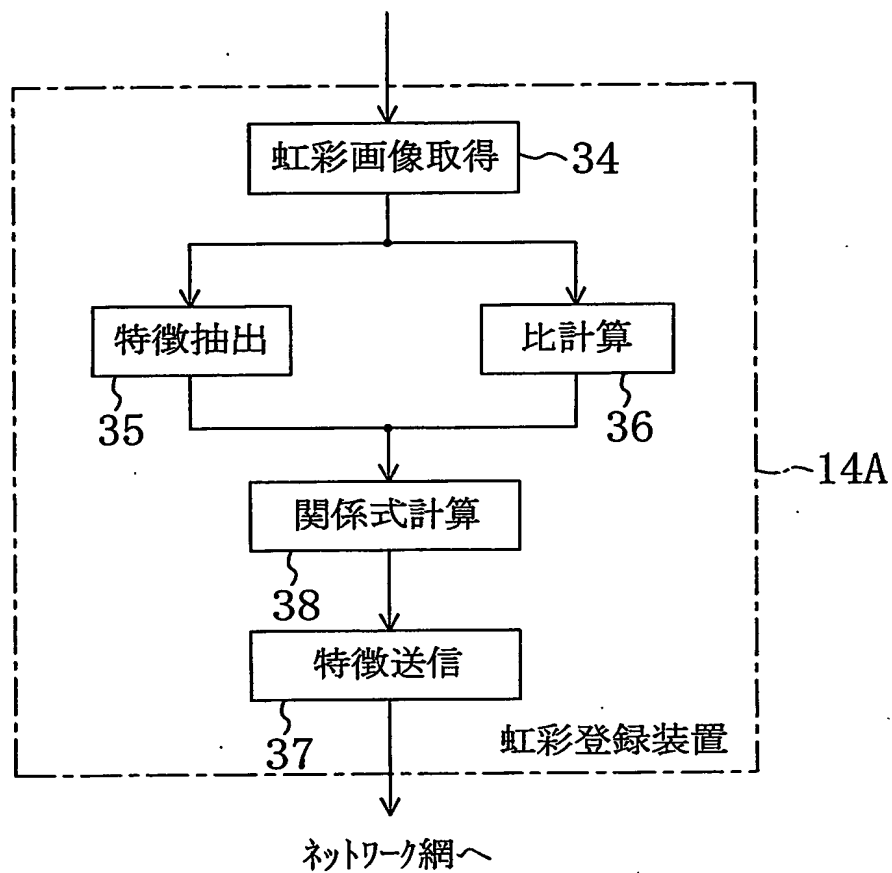
13/26

FIG. 14

認証時

14/26

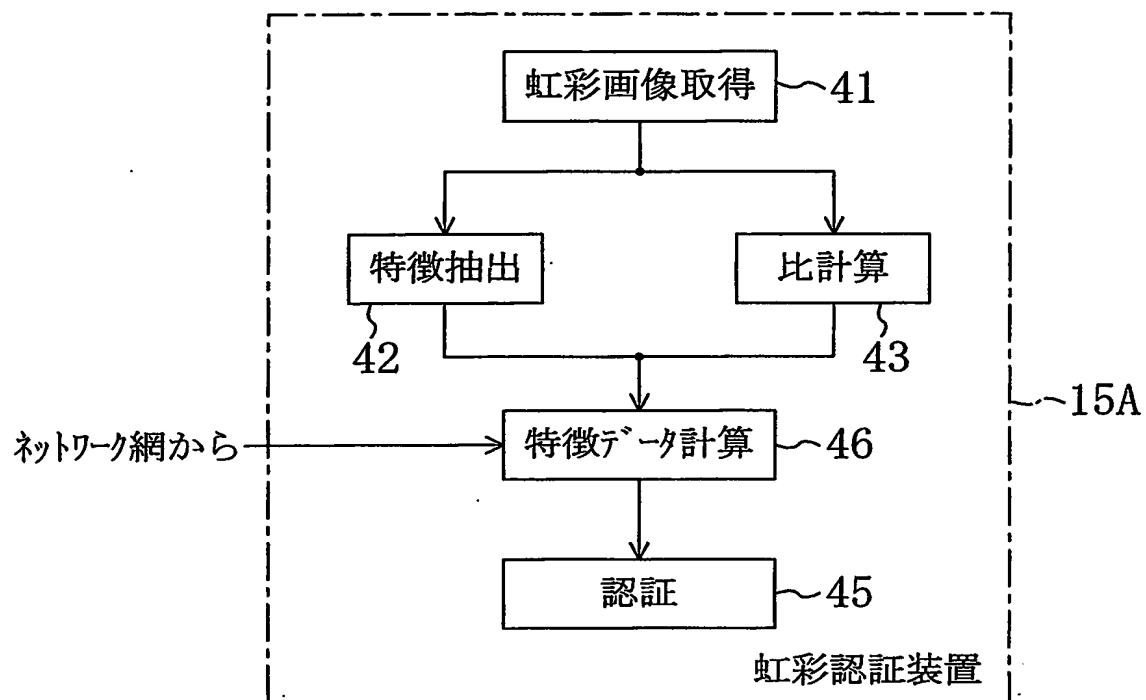
FIG. 15





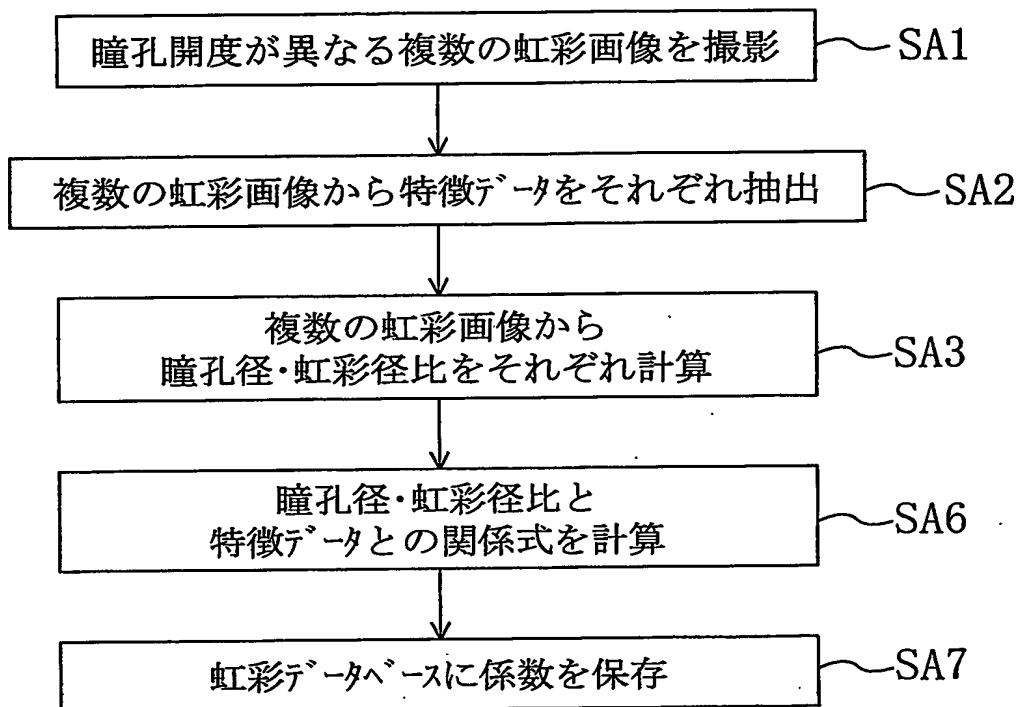
15/26

FIG. 16



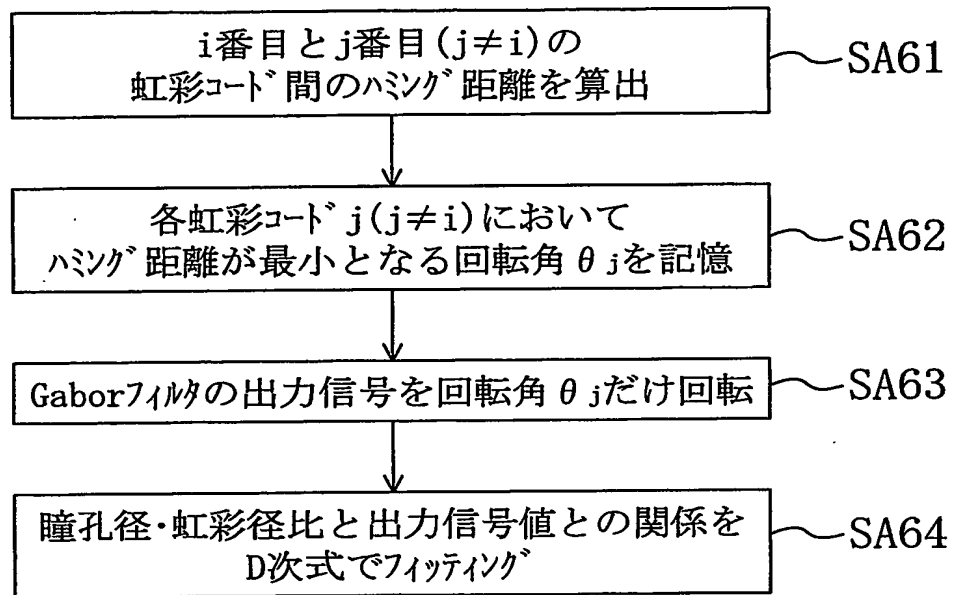
16/26

FIG. 17

登録時

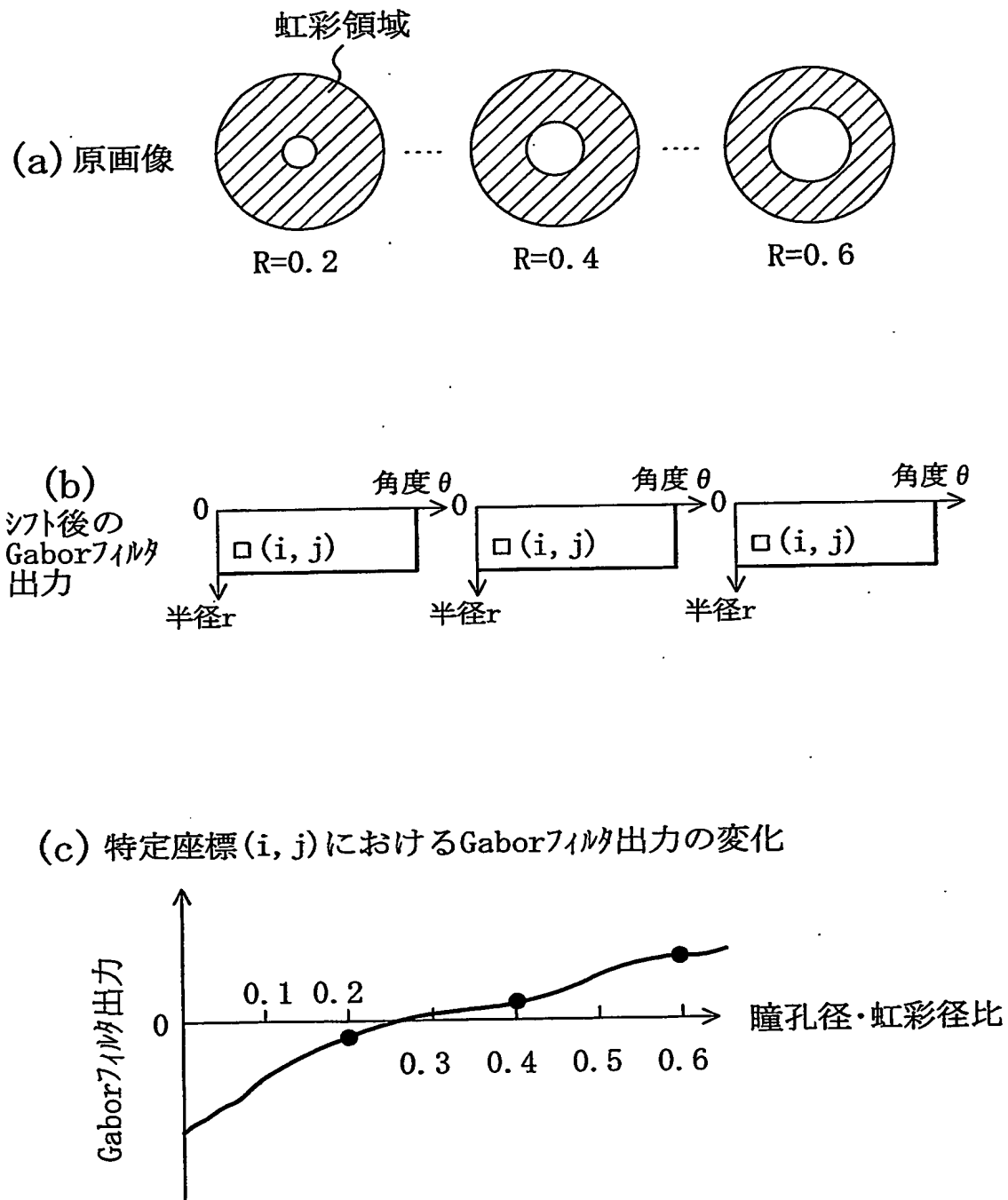
17/26

FIG. 18

SA6

18/26

FIG. 19



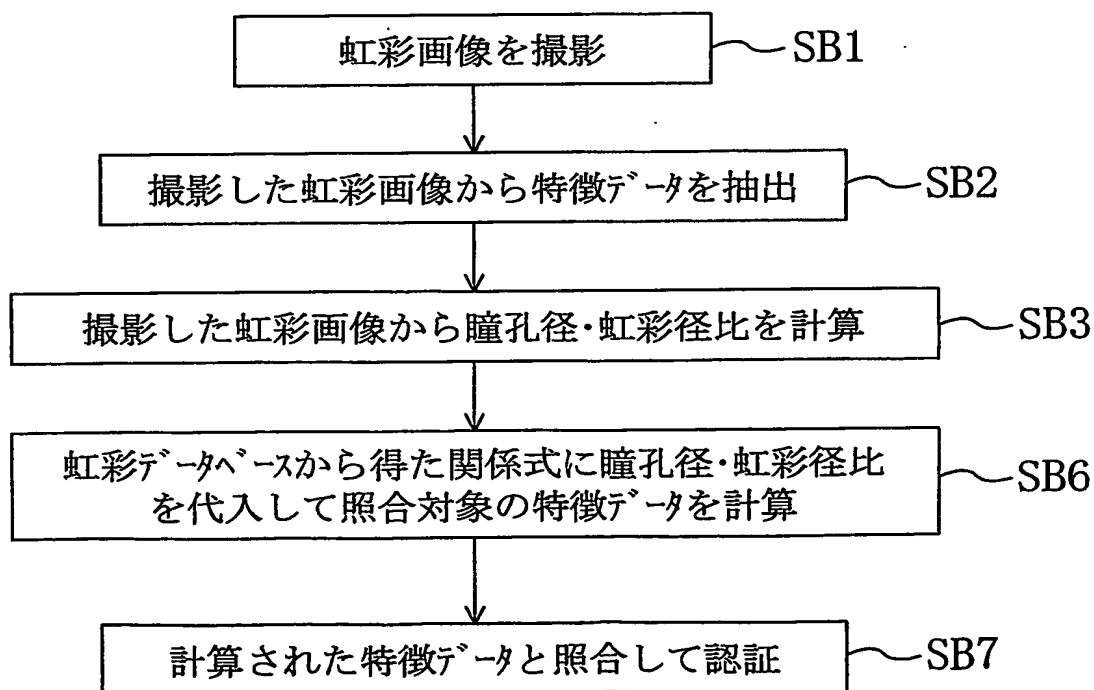
19/26

FIG. 20

特徴 データNo.	登録者No.	パラメータ
00000	00000	$a_{0,0} \sim a_{0,z-1}, b_{0,0} \sim b_{0,z-1}, c_{0,0} \sim c_{0,z-1}, d_{0,0} \sim d_{0,z-1}$
00001	00001	$a_{1,0} \sim a_{1,z-1}, b_{1,0} \sim b_{1,z-1}, c_{1,0} \sim c_{1,z-1}, d_{1,0} \sim d_{1,z-1}$
00002	00002	$a_{2,0} \sim a_{2,z-1}, b_{2,0} \sim b_{2,z-1}, c_{2,0} \sim c_{2,z-1}, d_{2,0} \sim d_{2,z-1}$
...	...	...
N-1	N-1	$a_{N-1,0} \sim a_{N-1,z-1}, b_{N-1,0} \sim b_{N-1,z-1},$ $c_{N-1,0} \sim c_{N-1,z-1}, d_{N-1,0} \sim d_{N-1,z-1}$

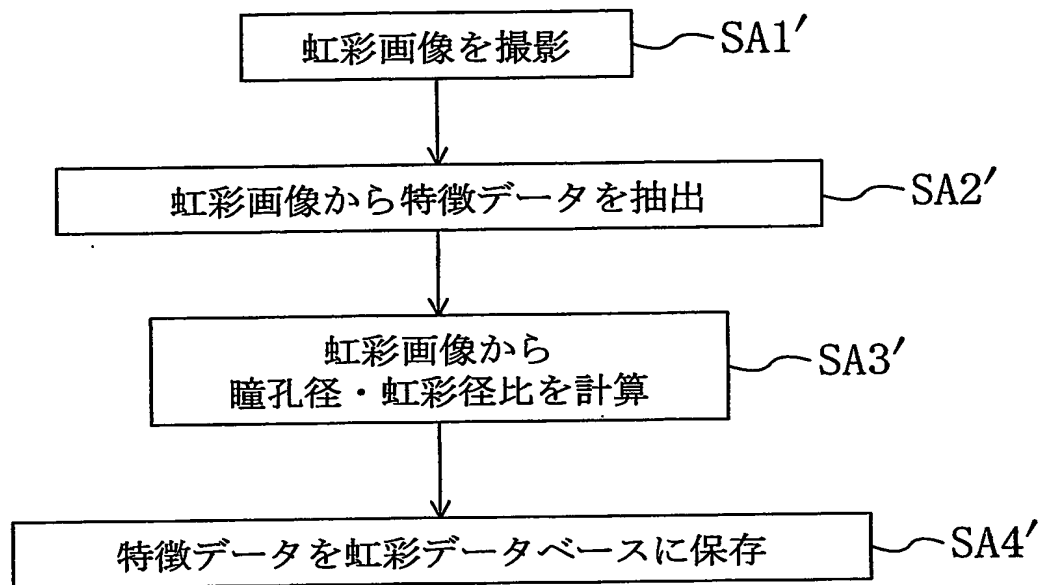
FIG. 21

認証時



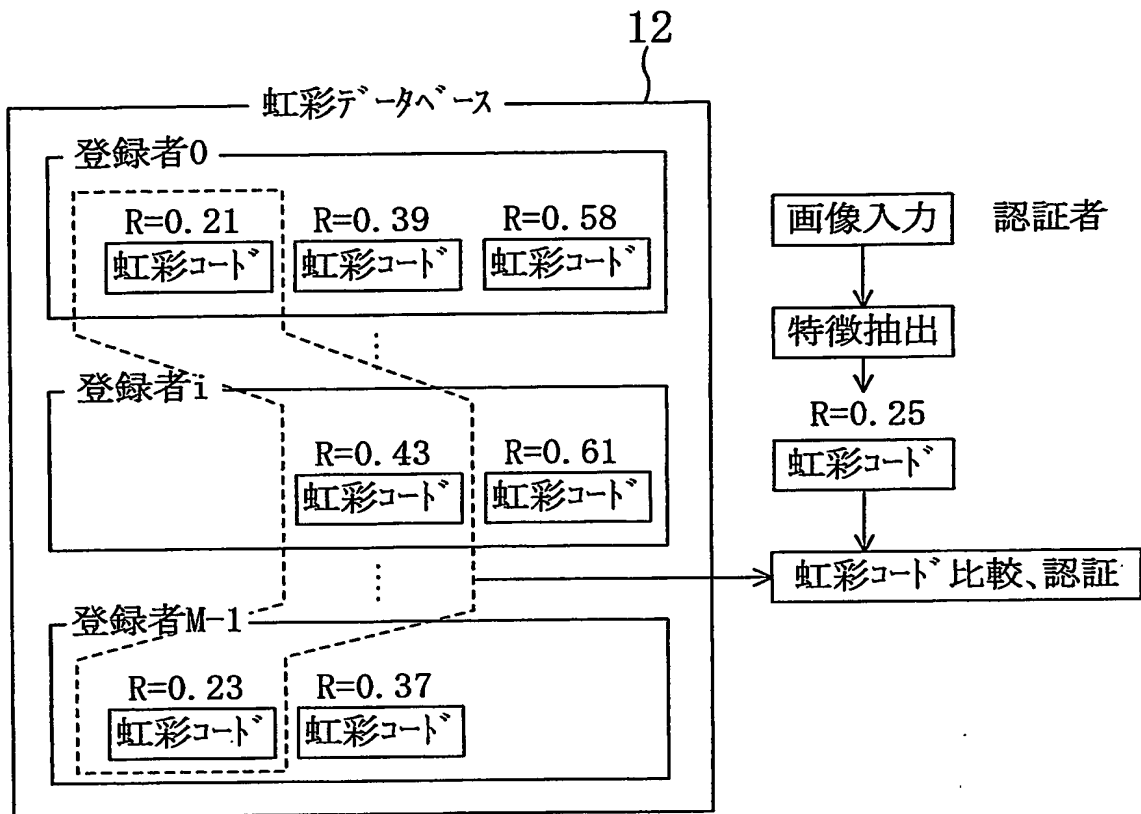
20/26

FIG. 22

登録時

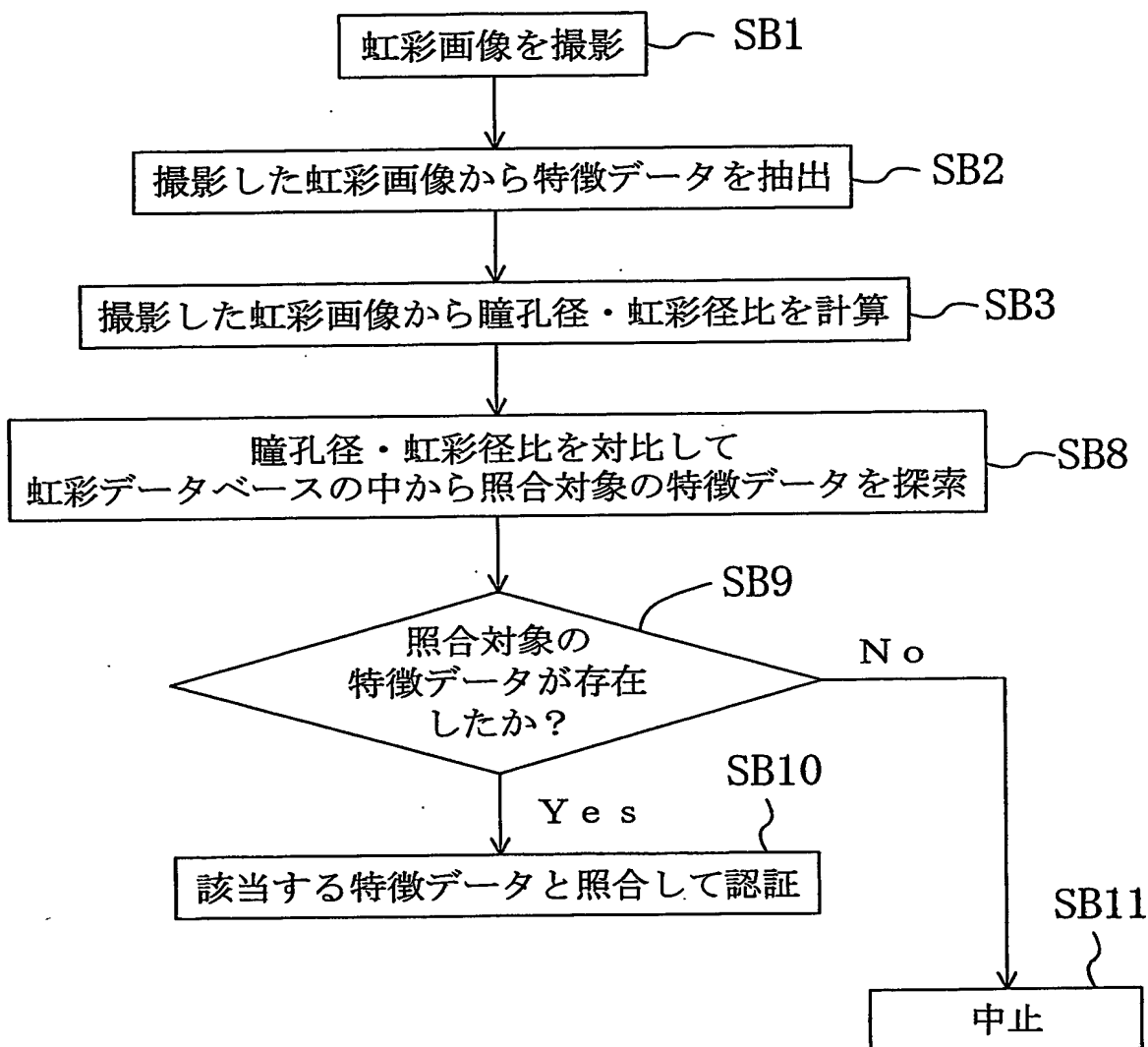
21/26

FIG. 23



22/26

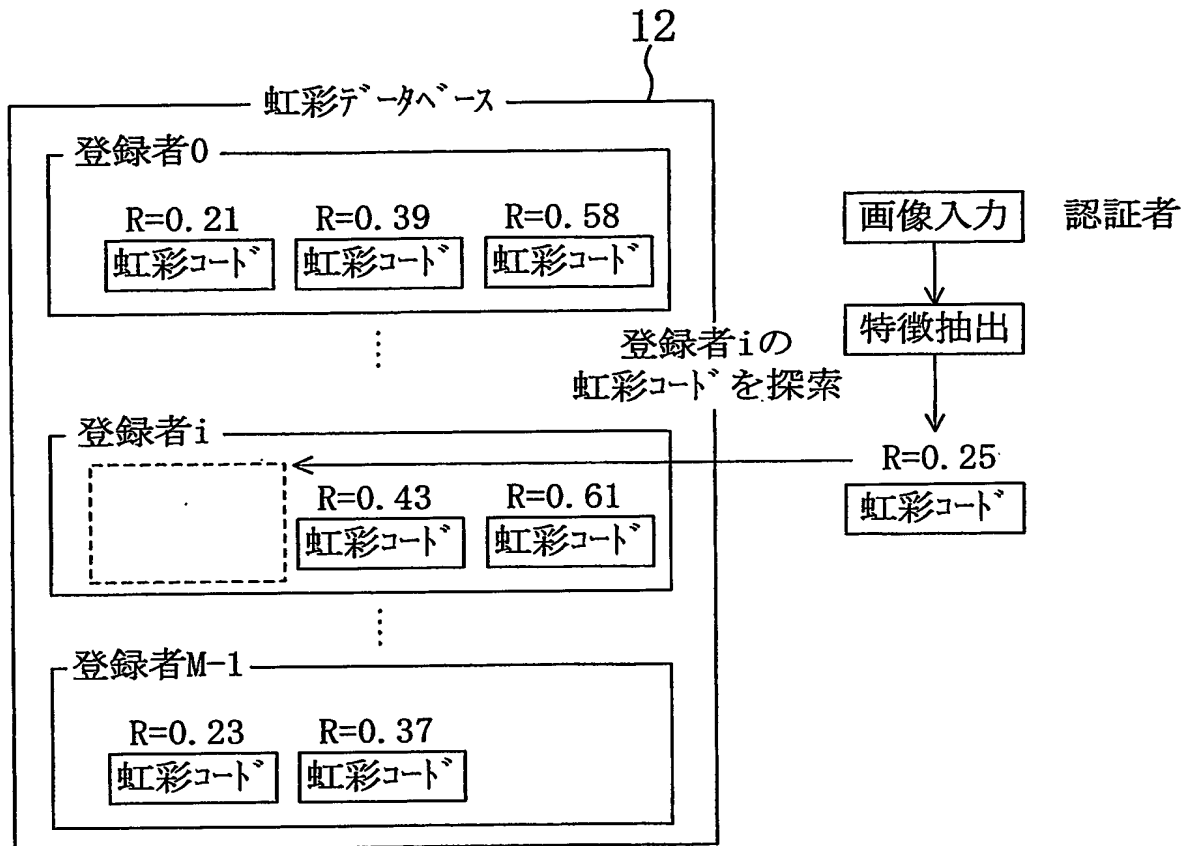
FIG. 24

認証時



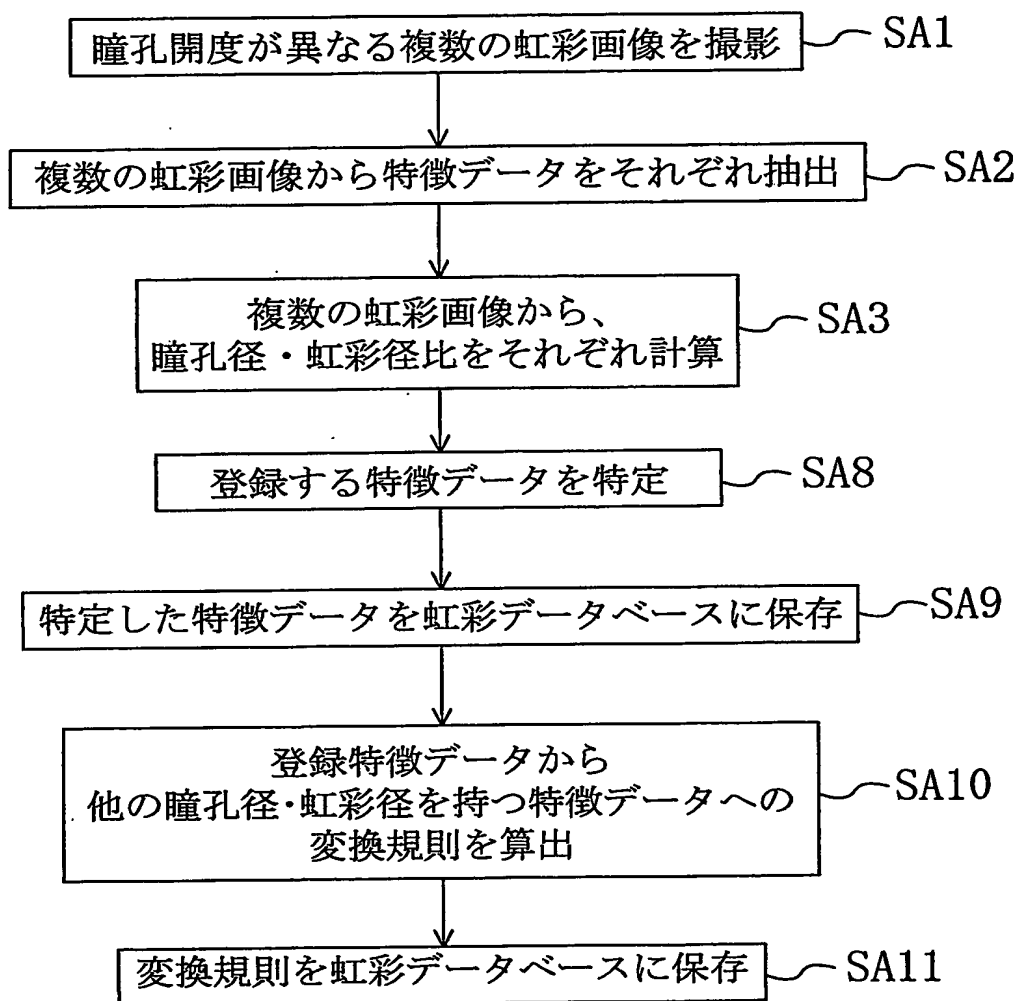
23/26

FIG. 25



24/26

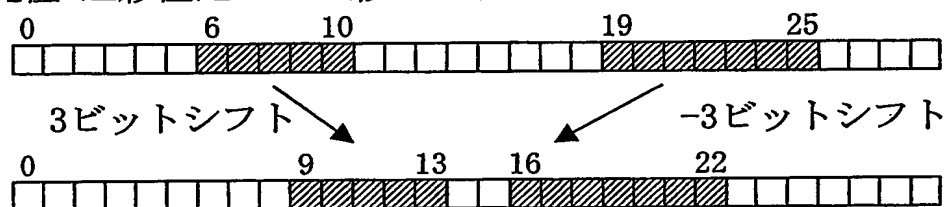
FIG. 26

登録時

25/26

FIG. 27

瞳孔径・虹彩径比R0の虹彩コード



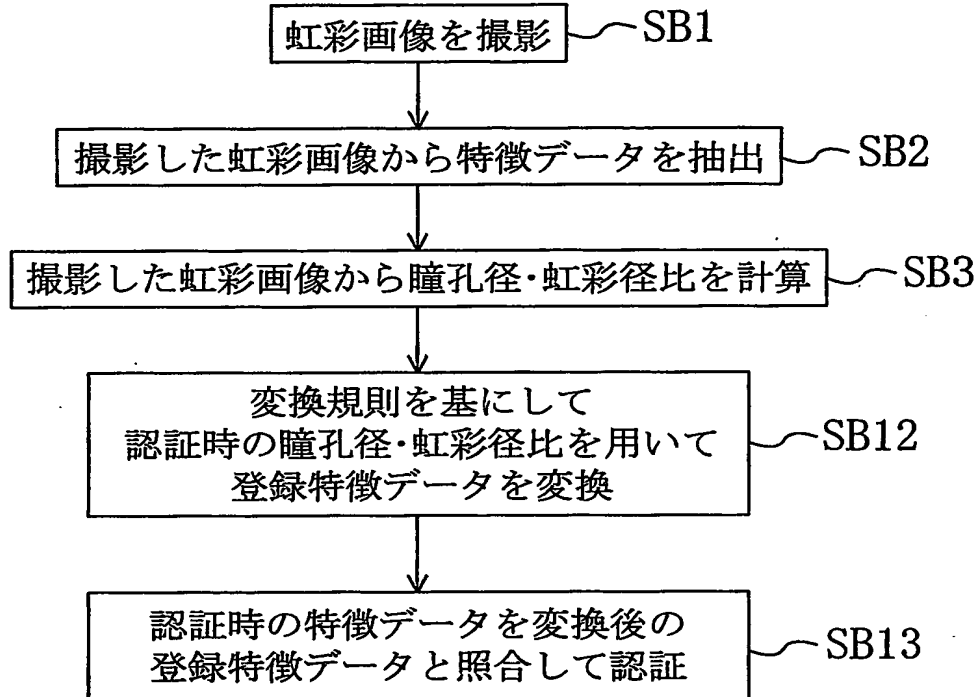
瞳孔径・虹彩径比R1の虹彩コード

FIG. 28

登録コード I D	認証時の 瞳孔径・虹彩径比	変換規則
0	R0	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第A～BビットをCビットシフト</li> <li>・ 第D～EビットをFビットシフト</li> <li>...</li> </ul>
	R1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第G～HビットをIビットシフト</li> <li>...</li> </ul>
	...	...
...	...	...
i	...	...
	...	...

26/26

FIG. 29

認証時

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/13805

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G06T7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G06T7/00-7/60, G06K9/00-9/82

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1237117 A2 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 04 September, 2002 (04.09.02), & JP 2002-259981 A	1-17
A	JP 2001-167279 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 22 June, 2001 (22.06.01), (Family: none)	1-17
A	JP 2000-194855 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 14 July, 2000 (14.07.00), (Family: none)	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 January, 2004 (14.01.04)

Date of mailing of the international search report  
27 January, 2004 (27.01.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP03/13805

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 94/09446 A1 (DAUGMAN, John, G.), 28 April, 1994 (28.04.94), & US 5291560 A & JP 8-504979 A	1-17

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G06T 7/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G06T 7/00-7/60, G06K 9/00-9/82

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	EP 1237117 A2 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO. LTD.) 2002. 09. 04 & JP 2002-259981 A	1-17
A	JP 2001-167279 A (沖電気工業株式会社) 2001. 06. 22 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2000-194855 A (沖電気工業株式会社) 2000. 07. 14 (ファミリーなし)	1-17

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 01. 04

国際調査報告の発送日

27. 1. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松浦 功

5H

9181

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 94/09446 A1 (DAUGMAN, John, G.) 1994. 04. 28 &US 5291560 A &JP 8-504979 A	1-17